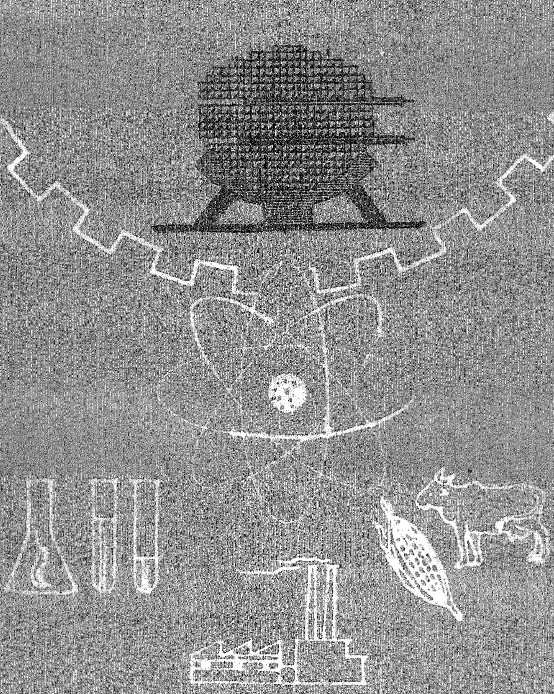
அணுவின் ஆக்கம்

பேராசிரியர் : ந. சுப்பு ரெட்டியார், M.A., B.Sc., L.T.



அணுவின் ஆக்கம்

பேராசிரியர்: ந. சுப்பு ரெட்டியார் M.A., B.Sc., L.T.,
தமிழ்த்துறைத் தலைவர்,
அழகப்பா பயிற்சிக் கல்லூரி, காரைக்குடி.

எஸ். ஆர். சுப்பிரமணிய பிள்ளை
பப்ளிஷர்ஸ் - - திருநெல்வேலி

முதற் பதிப்பு—ஜூலை, 1958

ஆசிரியரின் மற்ற நூல்கள்

கவிஞன் உள்ளம்
கலிங்கத்துப் பரணி ஆராய்ச்சி
தமிழ் பயிற்றும் முறை
அறிவியல் பயிற்றும் முறை
காலமும் கவிஞர்களும்
மானிட உடல்
கம்பனில் மக்கள் குரல் (அச்சில்)
காதல் சித்திரங்கள் (அச்சில்)

விலை ரூ. 8—0—0

ஷண்முகம் பிரஸ் பிரைவேட் லிமிடெட், சென்னை-1.

சமர்ப்பணம்

கற்குரு தேவர் திருவடிக் கன்பன் ;
நாடுவாழ் வுறச்சிறை புக்கோன் ;
பற்பமென் மலர்வாழ் கலைமகள் தனக்கே
பண்புயர் பொருளெலாம் அளித்தோன் ;
கற்பனைக் குயில்வாழ் தமிழ்ப்பொழில் நடுவண்
கலைக்களஞ் சியம்அமைத் திட்டோன் ;
அற்புதன் ; எங்கள் நல்அவி னாசி
ஆண்டகைக் குரியதிந் நூலே.

சென்னைமாநில நிதி, கல்வியமைச்சர்
உயர்திரு. சி. சுப்பிரமணியம் அவர்கள் அளித்த

முன்னுரை

உயரிய விஞ்ஞானக் கருத்துக்களைத் தமிழில் சொல்ல முடியுமா? இதற்கு விடையளிக்கும் முறையில் திரு. சுப்பு ரெட்டியார் "அணுவின் ஆக்கம்" என்ற நூலை எழுதி முடித்திருக்கிறார். அணுவைப்பற்றிய அறிவு இன்றைக்கு விஞ்ஞானத் துறையின் சிகரமாக விளங்குகிறது. இந்த அறிவின் காரணமாக உலகில் பல்வேறுவித புரட்சிகரமான மாறுதல்கள் ஏற்பட்டு வருவதை நாம் காண்கின்றோம்.

'சடம் வேறு, சக்தி வேறு' என்பது முன்னுளைய விஞ்ஞானத் தத்துவம். பிரபஞ்ச முழுவதும் சக்தி மயம் என்ற வாதம் அறிவுக்கு எட்டாதது மட்டுமல்ல, ஒவ்வாதது என்று விஞ்ஞானப் பேரறிஞர்கள் கருதினர். ஆனால், இன்று சடமும் சக்தியும் ஒன்றே என்பதை விஞ்ஞானமே நிரூபித்துக் காண்பிக்கின்றது.

அத்துடன் அணு சக்தியைக்கொண்டு பல்வேறு துறைகளில்—தொழில்துறை, விவசாயத்துறை, மருத்துவத்துறை—நாம் இதுவரையில் எதிர்பாராத பெரும் மாறுதல்கள் ஏற்பட்டுவருவதை இன்று காண்கின்றோம்.

அணு அறிவைப்பற்றிய அரிய கருத்துக்களைச் சாதாரண மக்களும் புரிந்துகொள்ளக்கூடிய முறையில் இந்நூல் எழுதப்பெற்றிருப்பது மிகவும் வரவேற்கத்தக்கது. புதிய புதிய விஞ்ஞானப் பதங்களைக் கையாண்டிருப்பது தமிழுக்குப் புதியதொரு வளத்தைக் கொடுக்கின்றது.

மாணவர்களுக்கும் பெரியோர்களுக்கும் இந்நூல் பெரிதும் பயன்படக்கூடியது.

செயின்ட் ஜார்ஜ் கோட்டை,
சென்னை.
22-7-58

சி. சுப்பிரமணியம்.

நூல்முகம்

இடையின்றி அணுக்களெலாம் சுழலுமென
இயல்நூலார் இசைத்தல் கேட்டோம் ;
இடையின்றிக் கதிர்களெலாம் சுழலுமென
வானூலார் இயம்பு கின்றார் ;
இடையின்றித் தொழில்புரிதல் உலகினிடைப்
பொருட்கெல்லாம் இயற்கை யாயின்,
இடையின்றிக் கலைமகளே ! நினதருளில்
எனதுள்ளம் இயங்கொ ணாதோ ?

—பாரதியார்

'மூர்த்தி சிறிதானாலும் கீர்த்தி பெரிது' என்ற பழமொழியை அறியாதவர்கள் இல்லை. இந்தப் பழமொழி அணுவிற்கு முற்றிலும் பொருந்தும். கடந்த இரண்டாம் உலகப் பெரும் போருக்குப் பிறகு 'அணு' என்ற சொல்லை உச்சரிக்காதவர்களே இல்லை. கல்வியறிவு சிறிதும் இல்லாத குக்கிராமங்களில் வாழும் பாமரர்களும் 'அணுகுண்டின் திருவிளையாடல்களைப்பற்றிப் பேசுகின்றனர். சிறுவர் பத்திரிகைகளும் அணுகுண்டினைப்பற்றி முழங்குகின்றன. மேலை நாட்டிலும் கீழை நாட்டிலும் அணுவின் அடிப்படையில் சில சமயங்களே எழுந்துள்ளன. சமணமதம் பேசுவதும் அணுக் கொள்கையைத்தான். மணிமேகலை என்ற நூலில்,

எல்லை இல் பொருள்களில் எங்கும்எப் பொழுதும்
புல்லிக் கிடந்து புலப்படு கின்ற
வரம்புஇல் அறிவன் இறை; நூற் பொருள்கள் ஐந்து
உரம்தரு உயிரொடு, ஒருநால் வகைஅணு
அவ்வணு உற்றும், கண்டும் உணர்ந்திட,
பெய்வகை கூடிப் பிரிவதும் செய்யும்;
நிலம்,நீர், தீ,காற்று எனநால் வகையின
மலை,மரம், உடம்புஎனத் திரள்வதும் செய்யும்;
வெவ்வேறு ஆகி விரிவதும் செய்யும்;
அவ்வகை அறிவது உயிர்எனப் படுமே'.[1]

என்று ஆசீவக வாதி தன் சமயத்தை எடுத்துரைப்பதைக் காண்கின்றோம். நியாய மதம், வைசேடிக மதம் என்பவை யும் அணுக் கொள்கையையேபேசுகின்றன. வைசேடிக மதத் தலைவராகிய கண்ணடர் 'அணு விழுங்கியார்' என்றே வழங்கப்பெறுகின்றார். மேலை நாட்டில் டெமாக்கிரிட்டஸ், எபிகுயூரியஸ், லூக்ரீஷியஸ் என்பவர்களும் இக்கொள்கை யினரே. இன்று உலக சமாதானமும், ஆக்கவேலைகளும் அணுவின் அடிப்படையிலேயே அமைந்திருக்கின்றன என்பதை அனைவரும் அறிவர். ஐ. நா. சபையும் அணு பற்றிய பிரச்சினைகளில்தான் அதிகக் கவனம் செலுத்தி வருகின்றது.

கடந்த இரண்டாம் உலகப் பெரும்போரில் அணு குண்டினால் உலகம் அடைந்த கேட்டினை நாம் நன்கு அறிவோம். ஹிரோஷீமா, நாகஸாகி என்ற நகர்களில் வாழும் ஜப்பானிய மக்கள் மிக நன்றாக அறிவார்கள். இனி இத்தகைய கேடு உலகிற்கு ஏற்படக்கூடாது என்று அருளுள்ளம் படைத்த அறிஞர்கள் நெஞ்சம் கவல்கின் றனர். அணுவினை ஆக்கத்திற்கு மட்டிலுந்தான் பயன் படுத்த வேண்டும் என்று விழைகின்றனர். அணுவாற்றலை எந்தெந்தவகைகளில் ஆக்கவேலைகட்குப் பயன்படுத்தலாம் என்று உலகிலுள்ள அறிவியலறிஞர்கள் அனைவரும் ஆராய்ந்துவருகின்றனர்.

---

[1] சமயக் கணக்கர்தம் திறம் கேட்ட காதை-வரி 110—19.

நவீன அறிவியல் கருத்துக்களைத் தமிழில் எழுதிப் பரப்ப வேண்டும் என்ற எண்ணம் யான் கல்லூரியில் படித்த காலத்திலிருந்தே-சுமார் இருபது ஆண்டுகட்கு முன்னரே-உண்டு. பிறநாட்டு நல்லறிஞர் சாத்திரங்களை மொழி பெயர்த்தும், இறவாத புது நூல்கள் இயற்றியும்தான் தமிழை வளர்க்கவேண்டும். அதுவே தமிழ் மொழியின் ஆக்கத் திற்குச் சிறந்த வழி ; இன்றியமையாத போக்கு.

> புத்தம் புதிய கலைகள்—பஞ்ச
> பூதச் செயல்களின் நுட்பங்கள் கூறும் ;
> மெத்த வளருது மேற்கே—அந்த
> மேன்மைக் கலைகள் தமிழினில் இல்லை.

என்ற குறை தமிழுக்கு இருத்தல் கூடாது. கல்லூரிகளிலும் தாய்மொழி வாயிலாகக் கல்வி பயிற்றப்பெறும் வாய்ப்பு ஏற்படுகின்ற காலத்தில்தான் உயர்ந்த அறிவியல் நூல்கள் தமிழில் பெருக வழி அமையும். இந்தத் துறையில் ஓரளவு பணியாற்ற வேண்டும் என்பது எனது அவா. ஆங்கில மொழிக்கும் தமிழ் மொழிக்கும் தக்க கலைச்சொற்களைக் கொண்டு பாலம் - சேது - அமைத்துவிட்டால் ஆங்கில மொழியிலிருந்து ஏராளமான "கருத்துச் சரக்குகள்" தமிழுக்கு வந்து சேரும். அறிஞர்கள் செய்துவரும் இப் பணியில் எனது முயற்சி சேது கட்டியபொழுது ஒரு சிறு அணில் மேற்கொண்ட முயற்சியைப் போன்றது. எனது சிறு முயற்சியை அறிஞர் உலகம் பாராட்டி ஆசி கூறுமாயின் அதுவே யான் பெற்ற பேறு ; அந்தச் சிறு அணில் இராகவ னுடைய ஆசி பெற்றபொழுது அடைந்த மகிழ்ச்சியைப்போல் யானும் மகிழ்ச்சியடைவேன். இத்துறையில் "தெளிவுறவே அறிதலுக்கும், தெளிவுதர மொழிந்திடுதலுக்கும்" தமிழ் வாணியின் அருள் வேண்டும் ; பெரியோர்களின் ஆசியும் வேண்டும்.

இந்த நூல் அணுவினை ஆக்கத்துறைகளில் பயன் படுத்தும் முறைகளை விளக்க எழுந்தது. புத்தகம் 16 அத்தியாயங்களாகப் பிரிக்கப்பெற்றிருக்கின்றது. முதல்

அத்தியாயத்தில் அணுவின் அற்புத ஆற்றலைப்பற்றியும் அவ்வாற்றல் மக்கள் நலனுக்கு எவ்வாறு பயன்படக்கூடும் என்றும் பொதுவாக கூறப்பெற்றுள்ளன. இரண்டாவது அத்தியாயம் நுண்ணணுப் பெருக்கியாலும் காணமுடியாத அதிநுட்பமான அணுவின் அமைப்பு எவ்வாறு உள்ளது என்று ஓரளவு விளக்கமாக எடுத்தியம்புகின்றது. ஆற்றலின் தன்மையையும் வகைகளையும் ஓரளவு நன்கு அறிந்து கொண்டால்தான் அணுவாற்றலின் அற்புதப் பயன்களைப் புரிந்துகொள்ளக் கூடும் என்ற நோக்கத்துடன் மூன்ருவது அத்தியாயத்தில் அதனை ஒரு சிறிது விளக்கியுள்ளேன். நான்காவது அத்தியாயத்தில் அணுவின் உட்கருவிலடங்கிய ஆற்றலும் அதனை வெளிப்படுத்துவதற்குக் காரணமாகவுள்ள தொடர்நிலை வினைவும் விளக்கப் பெற்றுள்ளன. ஐந்தாவது அத்தியாயத்தில் அணு எரியைகளாகப் பயன்படும் பொருள்கள் இன்னவை என்றும், அவற்றுள் முக்கியமாகவுள்ள யு-235 எவ்வாறு தூய்மைப்படுத்திப் பிரிக்கப் பெறுகின்றது என்பதும் விளக்கமாக உரைக்கப்பெற்றுள்ளன. அணு உலைகளைப்பற்றி ஆருவது அத்தியாயம் விளக்குகிறது. நவீன வாழ்க்கைக்கு மிகவும் இன்றியமையாததாகவுள்ள மின்ஞற்றலைக் குறைந்த விலைக்கு எவ்வாறு அணு உலைகளிலிருந்து பெறக்கூடும் என்பதையும் அணுவாற்றல் நிலையங்களை அமைப்பதையும் ஏழாவது அத்தியாயம் எடுத்தியம்புகின்றது. எட்டாவது அத்தியாயம் கதிரியக்கம் இன்னது என்பதையும், அதன் தன்மைகளையும் விளக்கிக் கூறுகின்றது. ‘அங்கு இங்கு எனுதபடி எங்கும்’ எல்லாத் துறைகளிலும் பயன்படுத்தவல்ல அற்புத சஞ்சீவி போல் உள்ள கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் வகைகள், அவற்றின் பண்புகள், ஓரிடத்தான்களின் உற்பத்தி ஆகியவைபற்றி ஒன்பதாவது அத்தியாயத்தில் ஓரளவு விளக்கியுள்ளேன். அணு ஆராய்ச்சித்துறையில் பயன்படும் கருவிகளின் அமைப்பும் அவை பயன்படும் முறையும் பத்தாவது அத்தியாயத்தில் விளக்கப்பெற்றுள்ளன. அணுவாற்றல் உயிரியலில் ஆராய்ச்சி முறையில் எவ்வாறு பயன்படுகின்றது என்பதை பதினென்ருவது அத்தியாயத்தில் ஓரளவு விரிவாக விளக்கியுள்ளேன். இந்த ஆராய்ச்சியின்

காரணமாகப் பெற்ற அறிவு மருத்துவத்துறையில் எங்ஙனம் பயன்படுகிறது என்பதையும், அணுவாற்றலால் சில கொடிய நோய்கள் எவ்வாறு சிகிச்சை செய்யப்பெறுகின்றன என் பதையும் பன்னிரண்டாவது அத்தியாயம் நன்கு விளக்கு கின்றது. பதின்மூன்ருவது அத்தியாயத்தில் அணுவாற்றல் உழவுத்தொழிலில் பயன்படும் விந்தையும் அணுவாற்றலின் துணையால் உணவு உற்பத்திப் பெருக்கத்தை விளைவிக்கக் கூடிய ஆராய்ச்சி முறைகளும், தாவரங்களுக்கு நேரிடும் நோய்கள், பீடைகள் முதலியவற்றைப் போக்குவதற்கு அணுவாற்றல் துணையாகவுள்ளமையும் ஓரளவு விளக்க மாகக் கூறப்பெற்றுள்ளன. பதிஞன்காவது அத்தியாயம் அணுவாற்றல் தொழில் துறையை எவ்வெவ்வாறு வளமாக்கி யிருக்கிறது என்பதை விளக்கமாக எடுத்தியம்புகின்றது. எதிர்காலத்தில் அணுவாற்றல் எவ்வெவ்வாறெல்லாம் பயன்படக்கூடும் என்பதைப் பதினைந்தாவது அத்தியாயம் ‘சோதிடம்’ கூறுகின்றது. உலக ஒற்றுமைக்கும் மானிட வாழ்க்கைக்கும் அணுதான் ‘மங்கல வாழ்த்தாக’ அமை கிறது என்பதைப் பதிஞருவது அத்தியாயம் எடுத்துரைக் கின்றது. இவ்வாறு இந்நூல் அணுவாற்றல் ஆக்கத்துறை களில் பயன்படும் முறைகளை ஓரளவு தெளிவாகப் புலப் படுத்துகின்றது.

புத்தகத்தின் இறுதியில் இப்புத்தகம் எழுதப் பயன் பெற்ற நூல்களின் பெயர்களும், இப்புத்தகத்திலுள்ள பொருள் விளக்கத்திற்குத் துணையாக இருக்கும் என்று கருதிய கலைச் சொற்களின் விளக்கங்களும், இப்புத்தகத்தில் மேற்கொள்ளப்பெற்றுள்ள எல்லாக் கலைச் சொற்களும், பொருட்குறிப்பு அகராதியும் பின்னிணைப்புக்களாகச் சேர்க் கப்பெற்றுள்ளன. கலைச் சொற்களின் விளக்கம் அறிவியல் அறிவு வாய்க்கப்பெருதவர்களுக்குப் பொருள் விளக்கம் பெறுவதற்கும், கலைச் சொற்கள் ஆங்கிலத்தில் அணுவைப் பற்றிப் படிக்கும் கருத்துக்களைத் தமிழில் அமைத்துக் கோட லுக்கும், பொருட் குறிப்பு அகராதி நூலினைப் படிப்போர் பல செய்திகளை அவரவர்கள் விரும்புகிறவண்ணம் தொகுத்

தறிவதற்கும் துணையாக இருக்கும் என்று கருதியே அவை சேர்க்கப்பெற்றுள்ளன.

இந்நூலில் மேற்கொள்ளப்பெற்றுள்ள கலைச்சொற்களில் பெரும்பாலானவை முன்னோர் அரும்பாடுபட்டு அமைத்தவை. அவற்றுள் பலவற்றைத் திருத்தியமைத்த பொறுப்பு சிறிது எனக்கு உண்டு. யானும் பல கலைச் சொற்களை ஆக்கி அமைத்திருக்கின்றேன். கலைச்சொல்லாக்கம் ஓர் அரிய கலை. அதற்குப் பொருளறிவும் வேண்டும்; பன்மொழியறிவும் வேண்டும். உயர்ந்த முறையில் சொற்கள் அமைந்துவிட்டால் அவை என்றும் வாழும்; இல்லையென்றால் வீழும். எல்லா நிலைகளிலும் அறிவியல் தாய்மொழியில் பயிற்றப்பெறும்பொழுதுதான் உயர்ந்த கலைச்சொற்கள் அமையும் வாய்ப்புக்கள் உண்டாகும். இந்நூலிலுள்ள கலைச்சொற்கள் பக்கங்களின் அடியில் படிப்போருக்குத் துணையாக இருக்கும் என்று கருதி அடிக் குறிப்புக்களாக ஆங்கிலச் சொற்களுடன் தரப்பெற்றுள்ளன. பல சொற்கள் இன்னும் திருத்தம் பெறவேண்டியவை என்பதை யான் நன்கு அறிவேன்.

பொருள் விளக்கத்திற்குப் படங்கள் பெருந்துணை புரியும் என்பது கல்வியறிஞர்கள் கண்ட துணிபு; சாதாரணமக்களின் அனுபவம். இந்நூலை 44 படங்கள் அணி செய்கின்றன. இப்படங்களை எழுதி உதவியவர் என் அரிய நண்பர் திரு. வெ. முனியாண்டி என்பவர்; காரைக்குடி அழகப்பா மாதிரி உயர்நிலைப்பள்ளியில் ஓவிய ஆசிரியராகப் பணியாற்றுபவர். நுண்ணிய கலைத்திறம் படைத்தவர். அறிவியல் துறையில் அமையவேண்டிய படங்களின் நுட்பங்களையெல்லாம் நுணுகியறியும் திறமை அவரிடம் இயல்பாகவே அமைந்து கிடக்கின்றது. இவ்வாண்டு அவர் அடிக்கடி நோய்வாய்ப்பட்டார். எனினும், நோயுற்ற நிலையிலேயே சிறிதும் சிரமத்தைப் பாராது நல்ல பல ஓவியங்களை அமைத்துத்தந்தார். அவருக்கு என் உளங்கனிந்த நன்றி. அவருக்கு எல்லா நலன்களையும் ஆண்டவன் அருளவேண்டும் என்பது என் பிரார்த்தனை.

இப்புத்தகத்தை எழுதப் புகுவதற்கு முன்பு பல ஆங்கில அறிவியல் நூல்களைப் படிக்கவேண்டியிருந்தது. சென்னைப் பல்கலைக் கழகத்திலிருந்து ஒரு சிலவற்றைப் பெற்றேன். ஆனால், அண்மையில் வெளியான நூல்களையும் பருவ வெளியீடுகளையும் எனக்கு உதவியவர்கள் அமெரிக்க செய்தித் துறையைச் சார்ந்த நூலகத்தார். சென்னையில் மவுண்ட்ரோட்டில் அமைந்துள்ள நூலகத்திற்கு யான் நேரில் சென்றபொழுது இன்முகத்துடன் வரவேற்று யான் வேண்டிய புத்தகங்களைத் தந்தார்கள். அஞ்சல்வழி நூல்களை அனுப்பியபொழுதெல்லாம் அடையாளம் வைத்து படிக்கவேண்டிய பகுதிகளைச் சுட்டினார்கள். அவர்கள் உதவியின்றேல் நூலின் பொருளமைப்பு இவ்வளவு விரிவாக அமைந்திராது. அவர்கட்கு என் உளமார்ந்த நன்றி என்றும் உரியது.

இப்புத்தகம் உருவாகிக் கொண்டிருக்கும்பொழுது பிரதி சரியாக அமைவதற்குப் பலவிதமான யோசனைகளைக் கூறியவர் என் கெழுதகை நண்பர் உயர்திரு. சா. கணேசன் அவர்கள். புத்தகம் அச்சுவடிவம் பெறுவதற்கும் அவர்களே முதற்காரணமாக இருந்தவர்கள். அவருடைய துணையால் தான் என் கல்லூரி வாழ்வு தொடங்கியது; அவர் துணையால்தான் அது சிறந்தது. பல்லாண்டுகளாகக் கூம்பியிருந்த என் அறிவுத்துறைவாழ்வும் மலர்ந்தது. தொடர்நிலை வினைவு தொடங்குவதற்கு ஒரு பொதுஇயல்மின்னி உறுதுணையாக இருக்குமாப்போல, அவர் தொடங்கிவைத்த ஒரு வெளியீடு ஏனைய என் நூல்கள் யாவும் அச்சுவடிவம்பெற்று உலாப்போதற்குக் காரணமாக அமைந்தது. இங்ஙனம் பல்லாற்றானும் எனக்கு உதவியும், என் தீயூழால் என் சொந்த வாழ்வில் நேரிடும் பல இடையூறுகளைக் களைந்தும் எனக்கு என்றும் உறுதுணையாக இருக்கும் இப்பெரியாருக்கு என் மனமொழி மெய்களால் நன்றி கலந்த வணக்கத்தைத் தெரிவித்துக்கொள்ளுகிறேன்.

குறைந்த காலத்தில் மாணாக்கர்களின் பொருளுணர்வுக்கும், தாய்மொழி வளர்ச்சிக்கும் முக்கியமாக வேண்டப் பெறுவது ஆங்கிலம்போன்ற மேனாட்டு மொழிகளிலுள்ள

அருங்கலைகளைத் தாய்மொழியில் வடித்துத் தரவேண்டும் என்பது. இந்தக் கனவை காந்தியடிகள் போன்ற பல பெரியார்கள் நீண்ட நாட்களாகக் கண்டுவருகின்றனர். தமிழைப் பொருத்தமட்டிலும் இந்தக் கனவை நனவாக்க முயல்கின்றவர்களுள் தலைசிறந்தவர்கள் மூவர். ஒருவர் ராஜாஜி; முதன் முதல் மாகாண சுய ஆட்சியில் காங்கிரஸ் மகாசபை பதவியேற்று ராஜாஜி தலைமையமைச்சராகப் பணியாற்றிய பொழுது உயர்நிலைப்பள்ளிகளில் தாய்மொழி வாயிலாகக் கல்விபயிற்றும் திட்டத்தை நிறைவேற்றிவைத்தார்கள். அது நாளொரு மேனியும் பொழுதொரு வண்ணமுமாக வளர்ந்துகொண்டு வருங்கால் நாடு விடுதலைபெற்று திரு. தி. சு. அவினாசிலிங்கம் கல்வியமைச்சராகப் பணியாற்றிய பொழுது தமிழ்மொழிக்கு முதலிடம் அளித்தும், இன்னும் பல்லாற்றானும் அதனைச் சிறப்பித்தார்கள். திரு. சி. சுப்பிரமணியம் அவர்கள் கல்வியமைச்சராக இருந்துவரும் நாள் தொட்டு கல்லூரிகளிலும் தாய்மொழி மூலம் கல்வி பயிற்றப் பெறல் வேண்டும் என்று முயன்றுவருகின்றார்கள். அவர்கள் காலத்தில்தான் நம் மாநிலத்தில் தமிழன்னை அரியாசனம் ஏறும் வாய்ப்புப் பெற்றுப் பெருமிதமாகத் திருவோலக்கம் கொண்டுள்ளாள்; சட்ட சபையிலும் அரசினர் அலுவலகங்களிலும் உலாப் போகின்றாள். தமிழ் வளர்ச்சியிலும் கல்விப் பணியிலும் உண்மையான ஊக்கம் காட்டிவரும் அப்பெரியாரிடம் இந்நூலுக்கு முன்னுரை மூலம் ஆசி பெறவேண்டும் என்பது என் நீண்டநாள் அவா. அந்த அவா நிறைவேறினால் என் முயற்சி மேலும் மேலும் வளரும் என்பது என் நம்பிக்கை. இந்த அவாவை அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத் துணை வேந்தர் திரு. T. M. நாராயணசாமிப்பிள்ளை அவர்கள் இல்லத்தில் சந்திக்கும் வாய்ப்பு வந்தபொழுது தெரிவித்தேன். அவர்கள் மிக அன்புடனும் முகமலர்ச்சியுடனும் ஒப்புதல் தெரிவித்து முன்னுரை வழங்கியும் ஆசி கூறியுள்ளார்கள். அப்பெரியாருக்கு என் உளங்கனிந்த நன்றி.

தமிழ்ப் பணியே தன் பிறவிப் பணியாகக்கொண்ட பெரியார் திரு. தி. சு. அவினாசிலிங்கம் அவர்கள்; தமிழ்

வளர்ச்சிக் கழகம் கண்டு கலைக்களஞ்சியம் உருவாக்கிய மேதை. தமிழ்நாட்டு இளைஞர்கட்கு அன்னார் காட்டிய பாதையில் பணியாற்றிவரும் எண்ணற்ற இளைஞர்களுள் சிறியேனும் ஒருவன். அத்தகைய பெரியாரிடம் யான் கொண்டுள்ள அன்புக்கு அறிகுறியாக இந்நூலைச் 'சமர்ப் பணம்' செய்கின்றேன். அவர் ஆசியால் இந்நூல் தமிழ் மக்களிடையே பெருமிதத்துடன் உலவும் என்பது என் நம்பிக்கை.

காலத்திற்கேற்ற அரிய தமிழ் நூல்களை வெளியிட்டு நீண்ட நாட்களாகத் தமிழ்ப்பணியாற்றிவருகிறவர்கள் திரு வாளர்களான எஸ். ஆர். சுப்பிரமணியபிள்ளை பதிப்பகத்தார். அவர்கள் இந்நூலை மனமுவந்து ஏற்று அழகுற அச்சிட்டு உதவியமைக்கு என் மனமுவந்த நன்றி என்றும் உரியது.

எனக்குள்ள பலவகையான குறைகளால் இப்புத்த கத்தில் பலவித குறைபாடுகள் ஏற்பட்டிருத்தல் கூடும். அறிஞர்களும் அன்பர்களும் அவற்றைப் பொறுப்பார்களாக. அவர்கள் குறைபாடுகளைச் சுட்டியுரைப்பார்களாயின் அடுத்த பதிப்பில் அவற்றைத் திருத்திக்கொள்வேன். இப் புத்தகத்தை எழுதி வெளியிடுவதற்கு யான் மேற்கொண்ட முயற்சியை நிறைவேற்றிவைத்த எல்லாம் வல்ல திருவருளை வாழ்த்தி வணங்குகின்றேன்.

"குற்றம் களைந்து குறைபெய்து வாசித்தல்
கற்றறிந்த மாந்தர் கடன்."

அழகப்பா பயிற்சிக் கல்லூரி
காரைக்குடி
23-7-58

இங்ஙனம்
ந. சுப்பு ரெட்டியார்

உள்ளுறை

1. அணுவின் அற்புத ஆற்றல்

பேராற்றல் படைத்த மேகநாதன் இலக்குவனுடன் உடற்றிய போரில் இறந்துபடுகிருன். இச் செய்தி இலங்கை நகருக்கு எட்டுகிறது; மண்டோதரியும் இதனை அறிகின்ருள். ஒரு மலையின்மீது ஒரு மயில் வீழ்ந்தாலென்ன மைந்தன் உடலின்மீது வீழ்ந்து புலம்புகிருள். அவனுடைய அளவற்ற புயவலியையும் வில்லாற்றலையும் எண்ணி எண்ணிப் பலவாறு புலம்புகிருள்.

முக்கணான் முதலி னோரை
  உலகொரு மூன்றி னோடும்
புக்கபோர் எல்லாம் வென்று
  நின்றஎன் புதல்வன் போலாம்
மக்களில் ஒருவன் கொல்ல
  மாள்பவன்? வான மேரு
உக்கிட அணுஒன்று ஓடி
  உதைத்தது போலும் அம்மா ![1]

என்பது கம்பனின் வாக்கு. "என் மகன் மேகநாதன் சாதாரணமானவன் அல்லன்; மூன்று உலகங்களிலும் நடைபெற்ற எல்லாப் போர்களிலும் மூன்று கண்களையுடைய சிவபெருமானையும் வென்று வாகை சூடியவன் அன்ருே? அத்தகையவன் இன்று கேவலம் ஒரு மனிதனுல் கொல்லப்பட்டுவிட்டான். இச்செயல் வானுற ஓங்கி நிமிர்ந்து நிற்கும் மேரு மலையை அணு ஒன்று ஓடி உதைத்தது போலல்லவா இருக்கிறது?" என்று வியப்பு அடைந்து கணக்கு போட்டுப் புலம்புகிருள். உருவத்தினைக் கண்டு இலக்குவனை எள்ளி விட்டாள்; உருவத்தினைக் கொண்டே தன் மகன் மேகநாத

[1] கம்ப. இராவணன் சோகப்—52

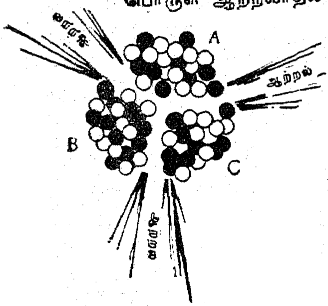
னின் ஆற்றலைப் பெரிதாக மதிக்கின்றாள். இலக்குவன்-அணு; மேகநாதன்-மேருமலை—என்றும் ஒப்பிடுகிறாள். பாவம்! அணுவின் ஆற்றலை அறியாத அபலை மண்டோதரி. கம்ப நாடன் காலத்தில் அணுவினைப்பற்றி மக்கள் ஓரளவு அறிந்து தான் இருந்தனர். என்றாலும், இன்று அதன் அற்புத ஆற்றலை மக்கள் அறிந்திருக்கும் அளவுக்கு அன்று மக்கள் அறிய வில்லை. அதை அறிந்துகொள்ளும் அளவுக்கு அறிவியல் அக்காலத்தில் வளர்ச்சி பெறவுமில்லை.

அணுவின் ஆற்றல்: ஹிரோஷிமா, நாகஸாகி என்ற இரண்டு ஜப்பான் நகர்களிலும் வீழ்த்தப்பெற்ற அணுகுண் டின் திருவிளையாடலுக்குப் பிறகு மக்கள் அணுவின் அளப் பரிய ஆற்றலை ஒருவாறு அறிந்தனர். இன்று அணுவின் ஆற்ற லைக் கண்டு உலகமே நடுநடுங்குகிறது. இரஷியாவும் அமெ ரிக்காவும் மாறிமாறி அணுகுண்டுச் சோதனைகளை நடத்தி வருகின்றன. மனிதனுடைய ஆணவமும் அகங்காரமும் இவ் வுலகை என்னென்ன பாடுபடுத்துமோ என்று அருளுள்ளம் படைத்த அறிஞர்கள் நெஞ்சம் கவல்கின்றனர். ஐக்கிய நாட்டு மக்கள்சபை அணுவின் ஆற்றலை மானிட நலனுக்குப் பயன்படுத்த வேண்டுமென்று அடிக்கடி வற்புறுத்தி வருகின் றது. அமெரிக்க நாட்டு அணுவாற்றல் குழுவும் அதுபோன்ற பிறநாடுகளில் உள்ள கழகங்களும் அணுவாற்றலை எந்தெந்த வகைகளிலெல்லாம் மக்கள் நலனுக்குப் பயன்படுத்தலாம் என்று ஆராய்ந்துவருகின்றன. ஆண்டுதோறும் கோடிக் கணக்கான டாலர் இதற்காகச் செலவிடப்பெறுகின்றது. ஆயி ரக்கணக்கான அறிவியலறிஞர்கள் இத்துறையில் தங்கள் முழு நேரத்தையும் செலவழித்து ஆராய்ந்துவருகின்றனர்.

அறிவியல் மேதை ஐன்ஸ்டைன்[2] தந்துள்ள மந்திரத் தால் அறிவியலறிஞர்கள் அணுவின் இரகசியத்தை அறிந் தனர். அம்மையப்பர் தன்மையில் உள்ள அணுவின் அற்புத அமைப்பைக் கண்டு இறும்பூது எய்துகின்றனர். 'சடமே சக்தி' என்று அம்மந்திரம் கூறுகின்றது; பொருண் மையே[3] ஆற்றலாக[4] மாறுகின்றது என்பது ஐன்ஸ்டைன்

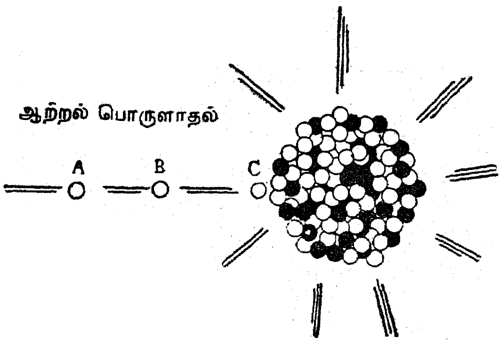
[2] ஐன்ஸ்டைன்-Einstein.
[3] பொருண்மை-mass. [4] ஆற்றல்-energy.

உணர்த்திய உண்மை (படம்-1 அ). இங்ஙனமே, ஆற்றலும் பொருளாக மாறும் விந்தையையும் காண்கிறோம்.



படம்—1 அ : வெடிப்புண்ட அணுவின் பகுதிகளான A, B, C ஆகியவற்றின் மொத்த எடை தொடக்கத்திலிருந்த அணுவின் எடையைவிடக் குறைகின்றது. அணுவின் இப்பகுதி ஆற்றலாக மாற்றப் பெற்றுள்ளது.

அணுப்பிளக்கும் கருவிகளில் தம் இலக்குகளைத் தாக்குவதற்காகத் தயாரிக்கப்படும் துணுக்குகளுக்கு மின்னுற்றலை ஊட்டும்பொழுது ஆற்றல் பொருளாக மாறு



படம்—1 ஆ: வேகமாகச் செல்லும் துணுக்குகளான A, B, C அவற்றிற்கு ஆற்றல் அளிக்கப் பெறுவதற்குமுன் இருந்ததைவிட 1000 மடங்கு எடையுள்ளவையாகின்றன.

கின்றது (படம்-1 ஆ). இதனைப் பின்னர்க் காண்போம். ஒரு கிராம் எடையுள்ள நிலக்கரியை அணுச்சிதைவு

செய்து 2500 டன் நிலக்கரியை எரித்தால் கிடைக்கும் அளவு சூடு உண்டாகும் என்று கணக்கிட்டுக் கூறு கின்றனர் அறிவியலறிஞர்கள். குறளாய் இருந்த வாமனன் நெடுமாலாய் வளர்ந்து காட்டிப் பேராற்றலை வெளிப்படுத் தியதுபோல் அணுவும் சிதைந்து தன் அற்புத ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகிறது. சிவபெருமான் நெற்றிக் கண்ணி னின்றும் வெளிப்படும் சுடர்களையொத்த முச்சுடர்களை வீசி நிற்கின்றது. அதனால் பத்துக்கோடி சுழியுள்ள (டிக்ரி) சூட்டினையும் வெளிப்படுத்துகிறது. கதிரவனின் மேற்பரப்பி லுள்ள சூடுகூட சுமார் 6000°C தான். ஆனால், அணுவின் அகட்டில் பொருளனைத்தினையும் உருக்கி ஆவியாக்கவல்ல பெருஞ் சூடு அடங்கியிருக்கிறது. ஒளியோ கோடானுகோடி சூரிய ஒளி போன்றது. ஹிரோஷீமாவில் அணுகுண்டு வீழ்ந்தபொழுது அந்நகர் சூரியன் வயிறாக மாறியது; நூறு கோடி சூரியர்கள் திரண்டு ஒருங்கே வந்தாற்போன்ற பேரொளி தோன்றியது. இவற்றைத் தவிர, நினைக்கவும் முடியாத நெருக்கடி-காற்றின் அமுக்கம்-இறுக்கம்-உலகமே தலைமீது விழுவதுபோன்ற காற்றின் மோதல்-ஆகியவை ஒன்று சேர்ந்து மக்களைத் திக்கு முக்காடச் செய்தது. எம்மருங்கும் வீசிய மின்வீச்சால் ஆயிரக்கணக்கான மக்கள் மடிந்தனர். அணுகுண்டு விளைவித்த சேதத்தில் உருத்திர தாண்டவத்தைத்தான் பார்க்கின்றோம்; ஊழிக்காலத்திறுதி யில் சிவபெருமான் ஆடும் 'கொடுகொட்டி'க் கூத்தைத் தான் காண்கின்றோம்.

"அணுச்சிதைவில் எழும் சூடு: வேதியல்மாற்றத்தில்[5] வெப்பம் வெளியாகிறது. எடுத்துக்காட்டாக கரி எரியும் பொழுது கரியும் காற்றிலுள்ள உயிரியமும்[6] சேர்ந்து கரியமில வாயுவாக மாறுங்கால் சூடு வெளிப்படுவதைக் காணலாம். கரியில் நம் கண்ணுக்கும் பிற பொறிகளுக்கும் தெரியாமல் அடங்கிக்கிடந்த சூடு வேதியல் மாற்றத்தின்பொழுது வெளிப்படுகின்றது. கரியிலுள்ள அணுத்திரளைகள்[7] அணு

[5] வேதியல் மாற்றம் - chemical change. [6] உயிரியம் oxygen. [7] அணுத்திரளை-molecule.

அணுவாக உடையும்பொழுது முன் உறைந்துகிடந்த ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது. வேதியல் மாற்றத்தில் வெளிப்படும் சூடு இதுதான். அணுவே சிதைந்தழியும்பொழுது இதைப்போல் பல்லாயிரம் மடங்கு சூடு வெளிப்படுகிறது. ஒரு கிராம் எடையுள்ள கரியில் கிடக்கும் அணுத்திரளைகள் சிதைந்து எரிந்தால் எட்டாயிரம் கனலி[8] சூடு எழும். ஆனால், ஒரு கிராம் கரியில் அணுச்சிதைவு ஏற்பட்டால் பதினாறுயிரம் கனலி சூடு வெளிப்படுகிறது. எனவே, அணுத்திரளையின் சிதைவினால் கரி எரியும்பொழுது உண்டாகும் ஆற்றலைவிட அணுவே[9] சிதையும்பொழுது எழும் ஆற்றல் இரண்டுகோடி மடங்கு மிகுதியாகும் என்பதாகின்றது. ஒரு பட்டாணி அளவு நிலக்கரியினைச் சிதைத்து ஒரு கப்பலை அட்லாண்டிக் மாபெருங் கடலைத் தாண்டி ஓடச்செய்யலாம் என்று அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டுக் கூறுகின்றனர். அரை விரற்கடை அளவு நிலக்கரியின் அணுக்களைச் சிதைத்து ஐந்து புகை வண்டியில் ஏற்றிவரும் நிலக்கரி எரிவதால் உண்டாகும் சூட்டினை வெளிப்படுத்தலாம் என்று அறுதியிட்டு உரைக்கின்றனர். அம்மம்ம! அணுச் சிதைவினால் எழும் ஆற்றலை என்னென்றுரைப்பது!

அணுவாற்றலிலிருந்து மின்னாற்றல்: எதிர்காலத்தில் மின்னாற்றலை[10] விளைவிப்பதற்கு அணுவாற்றலில் எழும் சூட்டினைப் பயன்படுத்தலாம். நிலக்கரியின் தொந்தரவு எல்லாம் அன்று ஒழியும்; அகன்று போகும். போர்க்காலத்தில் புளூட்டோனியத்[11] தொழிற்சாலையில் வெளிப்பட்ட ஏராளமான வெப்ப ஆற்றலை அமெரிக்கர்கள் கொலம்பியா நதியின் நீரைச் சூடேற்றி வீணாக்கினர்! போர்க்காலத்தில் அவர்கள் செய்தது ஓராற்றல் சரியே என்று கொள்ளினும் அமைதிக்காலத்தில் அங்ஙனம் வீணாக்குதல் கூடாது. அதனை மனித நலனுக்குப் பயன்படுத்துவதில் மனிதன் தன் முழுத் திறமையையும் கொண்டுசெலுத்தவேண்டும். இவ்

[8] கனலி-calorie. [9] அணு-atom. [10] மின்னாற்றல் electricity. [11] புளூட்டோனியம் - plutonium.

வாற்றலைத் திறமையுடன் பெறும் முறைகளைப்பற்றி அறிஞர்கள் ஆராய்ந்து வருகின்றனர். இன்னும் ஒருசில ஆண்டுகளில் அம்முறைகள் நடைமுறைக்கு வருதலும் கூடும்.

அணுகுண்டு[12]: அணுகுண்டு என்பது ஒரு சிறிய கட்டமைப்பில் ஏராளமான அளவு ஆற்றலை அடக்கி வைத்திருந்து அவ்வாற்றலைப் பெருவேகத்தில் வெளிப்படுத்தும் ஓர் அற்புத சாதனம். அது பார்ப்பதற்கு வாமனன் போலிருப்பது; பயன்படுத்துங்கால் திருவிக்கிரமாவதாரம் எடுப்பது. அன்றியும், அது இதுகாறும் மனிதன் கண்டறிந்த இறுக்கமான ஆற்றல்களில் பல இலட்சம் மடங்கு ஆற்றலைத் திரட்டி வைத்திருக்கும் ஓர் அமைப்பு. அணுகுண்டிலிருந்து வெளிப்படும் ஆற்றல் அளவிற்கு அவன் பயன்படுத்திய, அல்லது பயன்படுத்துவதாக எண்ணிய எந்தச் சாதனங்களிலும் இல்லை என்று சொல்லிவிடலாம். அந்த ஆற்றலை உத்தேசமாக அளவிட்டுக் கூறினால், சில ஆயிரம் டன் நிலக்கரியில் அடங்கியிருக்கும் ஆற்றல் அதற்குச் சமமாகும். ஒரு பேரிடியில் அதனைவிட அதிக ஆற்றல் அடங்கியிருக்கிறது. இன்னும் பார்க்கப்போனால், கதிரவன் நாடோறும் அலைகடலிலிருந்தும், பிற இடங்களிலிருந்தும் பல இலட்சக்கணக்கான டன் நீரை ஆவியாக்கி மேகமாகத் திரட்டுவதில் அளவிட முடியாத ஆற்றலைச் செலவிடுகிறான். ஆனால், இந்த அமைப்புக்களிலெல்லாம் ஆற்றல் மெல்லிதாகப் பரவியிருக்கின்றது; மிக மெதுவாகவும் வெளிப்படுகிறது. ஆனால், அணுகுண்டில் சில இராத்தல் "அணுப்" பொருள்களில் குண்டின் ஆற்றல் முழுவதும் அடங்கித் தேங்கிக் கிடக்கின்றது; இவ்வாற்றல் ஒரு குறுகிய இடத்தில் ஒரு கணநேரத்தில் வெளிப்படுத்தப் பெறுகின்றது. ஓர் அணுகுண்டினை வெடிப்பதற்கு வேண்டப்படுவது இதுதான்; கணக்கிலடங்காத வேகத்தையும் எண்ணற்ற ஆற்றல் அளவினையுங்கொண்டு குண்டு வெடிக்கின்றது.

அமைதியில் ஆற்றல்: இவ்வாறு இறுகித் தேங்கிக் கிடக்கும் ஆற்றலை வெளிப்படுத்துவதென்பது மிக அரிய

[12] அணுகுண்டு-atomic bomb.

செயல்; அசாதாரணமான செயலுங்கூட. போர்க்காலங்களில் அழிவு வேலைக்கு மட்டிலும்தான் இச்செயல் பயன்படுகிறது. தீவிரம் குறைந்த வெடிமருந்துக்கள்[13] கற்களைச் சல்லிகளாக உடைப்பதற்கும், குடைவழிகளை[14] அகழ்வதற்கும், நீர்வழியே கப்பல்கள் செல்லுவதற்கேற்ற நீரடிப் பாதைகளை[15] அமைத்துத் தருவதற்கும் பயன்படுகின்றன. எங்கெல்லாம் கடினமான பாறைகள் உடைக்கப்பெற நேரிடுகின்றதோ அங்கெல்லாம் இறுகித் தேங்கிக் கிடக்கும் ஆற்றல் பயன்படுகிறது என்பது நமக்குத் தெரியும். அமைதிக் காலத்தில் வெடிமருந்துக்கள் இவ்வாறு பயன்படுகின்றன. எனினும், சாதாரணமாக அன்ருட வாழ்வில், இறுக்கமான ஆற்றலுக்கு அவ்வளவு முக்கியத்துவம் இல்லை. அங்ஙனமே, விரைவாக ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும் முறையும் அதிகமாகப் பயன்படுவதில்லை. அடுப்பிலுள்ள தீ பல மணிநேரம் எரிந்து உண்டிவகைகளை ஆக்க உதவுகின்றது; கருமான் உலைக்களத்திலுள்ள தீ உழவர்களின் கருவிகளை ஆயத்தம் செய்ய உதவுகின்றது. உள்ளெரி பொறியினைக்[16] கொண்ட தானோடியில்[17] எரியையிலிருந்து[18] வெளிப்படும் ஆற்றல் விரைவாகவோ மெதுவாகவோ அப்பொறியைக் கொண்ட ஊர்தியின் சக்கரங்களை அடைகின்றன; இவ்வாறு அடைவது வண்டியோட்டியின் அவசரத்திற் கேற்றவாறும், போக்குவரவுகளின் நெருக்கடிக் கேற்றவாறும் மாறுதல் அடையக் கூடும். இங்ஙனம் வெளிப்படும் ஆற்றல் வினாடி அளவுகளில் வெளிப்படுவதன்று; அது நிமிடக்கணக்கில், மணிக்கணக்கில்தான் வெளிப்படுகிறது. அது அமைதியான அன்ருடவாழ்வில் மிகச் சிறிய அளவுகளில் மெதுவாகத்தான் பயன்படுகின்றது. அந்த ஆற்றல், எரியைகளிலிருந்துகிடைக்கின்றதேயன்றி வெடி மருந்துக்களினின்றும் கிடைப்பது அன்று. போருக்கும் அமைதிக்கும் இதுதான் மாபெரும் வேற்றுமை.

---

[13] வெடிமருந்துக்கள்-explosives. [14] குடைவழி - tunnel. [15] நீரடிப் பாதைகள் - under water channels. [16] உள்ளெரி பொறி - internal combustion engine. [17] தானோடி - automobile. [18] எரியை-fuel.

இப்புத்தகம் அமைதிக்காலத்தில் அணுவாற்றல் எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்பதை உணர்த்த எழுந்தது. எனவே, நாம் மக்களையும் மாநகர்களையும் நொடிப்பொழுதில் அழிக்கவல்ல அணுகுண்டினைச் சிந்தையிலும் கொள்ள வேண்டாம். மானிட வாழ்விற்கு, வையத்தில் வாழ்வாங்கு வாழ வழியமைப்பதற்கு, அணுவாற்றல் எவ்வெவ்வாறெல்லாம் பயன்படுகிறது என்பதை மட்டிலும் சிந்தையில் கொண்டு அவற்றினை அறிய முற்படுவோம்.

ஆற்றல் பயன்படும் முறை: மனிதன் அணுவாற்றலைத் தன் நலத்திற்கு எவ்வாறு பயன்படுத்துவது? பிறநாடுகளில் இதுபற்றிய ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்று வருகின்றன. இன்றைய வாழ்வில் இயந்திரங்களை இயக்கவும், தானோடிகள் இயங்கிச் செல்லவும் நமக்குத் தேவையான ஒளியையும் வெப்பத்தையும் மண்ணெண்ணெய், நிலக்கரி, மலையினின்று இழிந்துவரும் நீர் முதலியவற்றிலிருந்து அடைகின்றோம். மண்ணெண்ணெய், நிலக்கரி ஆகிய எரியைகளை எரிப்பதால் நமக்கு ஆற்றல் கிட்டுகின்றது. நமக்கு வேண்டிய ஆற்றலெல்லாம் பெரும்பாலும் மின்சார உருவத்திலேயே பயன்படுகின்றது. நிலக்கரியை எரித்து அதில் வெளியாகும் வெப்பத்தைக் கொண்டு நீரை ஆவியாக்கி மின்னுக்கப் பொறிகளை[19] இயக்கி அவற்றின்மூலம் மின்சாரத்தைப் பெறுகின்றோம். இதில் வெப்ப ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது. இன்று சென்னை போன்ற பெரிய நகரங்களில் பயன்படும் மின்னாற்றலை இம்முறையில்தான் தோற்றுவிக்கின்றனர். நிலக்கரிக்குப் பதிலாக பெட்ரோலியம்[20] போன்ற மண்ணெண்ணெய்களை எரித்தும் மின்னுக்கப் பொறிகளை இயக்குவதுண்டு. கப்பல்களில் இம்முறை மேற்கொள்ளப்பெறுகின்றது. இதைப்போலவே, அணுவாற்றலையும் மின்னாற்றலாக மாற்றிப் பயன்படுத்தலாம்.

இன்றுள்ள முக்கிய பிரச்சினை: அணு எரியைகளை[21] ஏராளமாக உற்பத்தி செய்து அவை தொழிற்சாலைகள், நகர

[19] மின்னுக்கப் பொறி–dynamo. [20] பெட்ரோலியம்–petroleum. [21] அணு எரியை–atomic fuel.

வாழ்க்கையில் பயன்படும் சாதனங்கள், வீடுகளில் பயன்படும் சாதனங்கள், பண்ணைகளில் பயன்படும் சாதனங்கள் ஆகியவற்றிற்குக் கிட்டும்படி செய்தல் வேண்டும். அவற்றை ஆற்றல் வாய்ந்தனவாகவோ, விரைவாகவோ உற்பத்தி செய்வது ஒரு முக்கிய பிரச்சினை அல்ல. அவற்றை மலிவாக உற்பத்தி செய்வது, எளிதாகக் கையாளும் முறைகளைக் காண்பது, எப்படி எப்பொழுது பயன்படுத்துவது என்பதுதான் மிகவும் முக்கிய பிரச்சினை. இத்தகைய பிரச்சினைகள்தாம் 1955-ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு மாதத்தில் ஜெனிவாவில்[22] கூடிய ஐக்கிய நாடுகளின்[23] மாநாட்டில்[24] ஆராயப்பெற்றன; பல்வேறு நாடுகளினின்றும் போந்த அறிவியலறிஞர்கள் இவ்வாராய்ச்சியில் கலந்துகொண்டனர். இப் பிரச்சினைகளுக்கு விடைகள் காண்பது அவ்வளவு எளிதன்று; இவற்றைக் காண்பதற்கு ஆராய்ச்சியும் அநுபவமும் மிக்க நிபுணர்கள் இத்துறையில் மிக நன்றாக ஈடுபட்டு உழைக்கவேண்டும். இன்றைய நிலையில் ஒரு சிலர்தான் இவற்றிற்கு விடை காண வல்லவர்களாக உள்ளனர். ஒரு காரணம், அவற்றிலடங்கிய விதிகளும் மெய்ம்மைகளும் பத்து அல்லது இருபது ஆண்டுகட்கு முன்னர் எவரும் அறியாதவை; எனவே, பள்ளிப் பாடப்புத்தகங்களில் காணப்பெறுதவை. இன்னொரு காரணமும் உண்டு. உலகம் முழுவதும் போரில் ஈடுபட்டிருந்த காலத்தில், போர் மேகங்கள் எங்கும் சூழ்ந்துகொண்டிருந்த பொழுது, அணுவைப்பற்றிய புதிய அறிவின் பெரும்பகுதி கண்டறியப்பெற்றது; அறிவியலறிஞர்களிடையிலும் அவ்வறிவினை இரகசியமாக வைத்துக்கொண்டிருத்தலே ஒரு கொள்கையாக இருந்தது. எனவே, பல்வேறு நாட்டு ஆராய்ச்சி நிபுணர்களும்[25] பொறியியல் வல்லுநர்களும்[26] அணுவைப் பற்றிய கருத்துக்களை வெவ்வேறுவிதமாகத் திரித்து உரைத்து வந்தனர்.

---

[22] ஜெனிவா-Geneva. [23] ஐக்கிய நாடுகள்-United Nations. [24] மாநாடு-conference. [25] ஆராய்ச்சி நிபுணர்-research men. [26] பொறியியல் வல்லுநர்-engineer.

ஓரிடத்தான்கள்[27] : அணுவாற்றலால் இன்னொருவித நன்மையும் உண்டு. அணு உலை[28]களினின்று நூற்றுக் கணக்கான 'கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள்' எனப்படும் கதிரியக்கமுள்ள தனிமங்களும் வேதியற் பொருள்களும் உடன்விளைப் பொருள்களாகக்[29] கிடைக்கின்றன. இவை மருத்துவம், உழவுத் தொழில், தொழில்துறை முதலிய பல்வேறு துறைகளில் ஆயிரக் கணக்கான முறைகளில் பயன்படுகின்றன. அவை உமிழும் தெளிவான கதிர்களைக்கொண்டே அவை அத்துறைகளில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இன்று மிகக் குறைவாகக் கிடைக்கும் ஓரிடத்தான்கள் உழவுத் தொழிலிலும் தொழில் துறையிலும் பயன்படுத்துவதிலிருந்து பல இலட்சக்கணக்கான டாலர் மிச்சப்படுகிறது என்று அறிஞர்கள் கணக்கிட்டுக் கூறுகின்றனர். மருத்துவத் துறையிலும் உயிரியல் துறையிலும் இவற்றால் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றம் விலை மதிக்க முடியாதது. அமைதிக்காக என்று பல அணு உலைகள் செயற்படத் தொடங்கியவுடன் அவற்றின் விலையும் மலிவாகும்; அவை பயன்படும் அளவும் மிகும். இந்தக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் எனப்படும் உடன்விளைப் பொருள்களும் அணுவாற்றலைப் போலவே மக்கள் நலனுக்குப் பெரிதும் பயன்படும் காலம் மிகத் தொலைவில் இல்லை என்றுதான் சொல்ல வேண்டும். அவற்றினைப் பயன்படுத்தும் முறை இன்னும் குழவிப் பருவத்தில்தான் இருக்கிறது; அதுவும் இவ்வுலகெங்கும் பல்வேறு இடங்களில் அமைந்துள்ள ஆய்வகங்களிலும் ஆராய்ச்சி மருத்துவ நிலையங்களிலும் சிதறிய நிலையில் அமைந்திருக்கின்றது. பல்வேறு அறிவியல் துறைகளிலும் அவை எவ்வெவ்வாறு பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன என்பதும், அவை பயன்படுத்தப் பெறும் யுக்தி முறைகள்[30] யாவை என்பதும் அவற்றை முழு அளவில் பயன்படுத்துவதற்கு முன்னதாக அறியப்பெற வேண்டியவை. ஜெனிவா மாநாட்டின் முக்கிய பகுதிகளில் இதுவும் ஒன்று.

[27] ஓரிடத்தான் - isotope. (அணுவில் ஒருவகை, இது.)
[28] அணு உலை - nuclear reactor. [29] உடன்விளைப் பொருள் - by-product. [30] யுக்தி முறைகள் - techniques.

ஐக்கிய நாடுகளின் ஸ்தாபனம்[31] : மனித நலனைப் பற்றிய இத்தகைய அரியதோர் ஆராய்ச்சி ஐக்கிய நாடுகளின் ஆதரவில் நடைபெற்று வருவது மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். இப் பூமண்டலத்திலுள்ள நாடுகள் யாவும் ஒன்றோடொன்று நட்பு முறையில் பழகி வருவதும், அவை கொண்டுள்ள பல்வேறு உறவு முறைகளும் ஓர் உலக ஸ்தாபனமாக வடிவெடுத்திருக்கின்றன. இன்று அந்த ஸ்தாபனம் அனைத்துலக மூலமாகவுள்ள அணுவாற்றலை ஆராயத் தொடங்கியிருப்பது பயன் நிறைந்த எதிர்காலத்தைக் காட்டுவதற்கு அறிகுறியாக இருக்கின்றது. நாளடைவில் இவ் வாராய்ச்சி இவ்வுலகெங்குமுள்ள பகுதிகளில் வாழும் மக்கள் வாழ்க்கைத் தரத்தைக் கட்டாயம் உயர்த்தும் ; வாழ்க்கை முறைகளையும் மாற்றும். இதில் சிறிதும் ஐயம் இருப்பதற்கு இடமே இல்லை. இதுகாறும் அறிவியல் வளர்ந்த வரலாற்றினைப் பார்த்தால் ஒவ்வொரு துறையும் ஒவ்வொரு நாட்டில் ஒவ்வொரு மேதையால் கண்டறியப்பெற்றது என்பதுதெரியும். பல நாடுகளில் கண்டறியப் பெற்ற துறைகளாக இருப்பினும், அவை இன்று உலகெங்குமுள்ள பகுதிகளில் வாழும் மக்களுக்குப் பயன்படத்தான் செய்கின்றன. ஆனால், அவை ஒன்றேனும் பல நாட்டு அறிஞர்களும் கூடி ஆராய்ந்ததால் விளைந்தது என்று சொல்வதற்கில்லை. இன்று அணுபற்றிய ஆராய்ச்சியை இவ்வுலகெங்குமுள்ள அறிவியலறிஞர்கள் ஒருங்கு கூடி ஆராய்கின்றனர். இது அறிவியல் வரலாற்றில் ஒரு புதிய திருப்பம்; புதிய சகாப்தம் என்று கூடச் சொல்லலாம்.

மக்களின் பொறுப்பு : ஜெனிவா மாநாட்டு நடவடிக்கைகளை இன்றுள்ள மக்கள் அக்கறையுடன் அறிந்துகொள்ளவேண்டிய நிலையிலிருக்கின்றனர். அம்மாநாட்டின் முடிவுகள் ஒவ்வொருவருடைய வாழ்க்கையிலும் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. ஆனால், அம்முடிவுகள் யாவும் அறிவியல் மொழியில் அமைந்துள்ளன. ஏன்? அணுவியல் மொழியில்

[31] ஐக்கிய நாடுகளின் ஸ்தாபனம் - United Nations Organization.

அமைந்திருக்கின்றன என்றுகூடச் சொல்லலாம். அம் மொழியிலுள்ள கலைச் சொற்களை எந்த நாட்டிலுமுள்ள சாதாரண குடிமகன் புரிந்துகொள்ள முடியாது. அந்த முடிவுகளைச் செய்தித்தாள்கள் கையாளும் மொழியிலமைத்தாலும், அல்லது அவை வானொலிப் பேச்சிலமைந்தாலும் அவற்றைப் புரிந்து கொள்வது எளிதன்று; அவை மருட்சியைத்தான் விளைவிக்கும். எனினும், புதிதாகப் பெற்ற அணுவாற்றல் சமூக விசையாக[32] அமைந்திருக்கின்றது. நாம் அதனை அறிவியலறிஞர்களுக்கு மட்டிலும் சொந்தமானது என்று வாளா விட்டுவிடுதல் கூடாது. அவற்றின் பயன்களை மக்கள் நலத்திற்காக மக்களே ஆட்சி செய்ய வேண்டும். சிந்தனையுள்ள ஒவ்வொரு நாட்டு மக்களும் அதனைப் புரிந்து கொள்ளத் துடித்து நிற்கின்றனர். தமிழ் நாட்டு மக்களும் அவற்றைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டியது அவர்களது தலையாய கடமை என்பதை எடுத்துக் கூறவா வேண்டும்? தமிழில் எழுதப் பெற்றுவிட்டால் அனைத்தையும் புரிந்துகொண்டு விடலாம் என்று ஒரு சிலர் எண்ணுகின்றனர். அது தவறு; பெருந் தவறு. அறிவியல் நமக்குப் புதிய துறை. அதில் பல கலைச் சொற்கள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு பொருளையும் அனுபவத்தையும் விளக்குகின்றது. அப்பொருள்களையும் அனுபவங்களையும் புரிந்துகொள்ள வேண்டுமானால், ஆழ்ந்து கற்றல் வேண்டும். அறிவினைப் பெறுவதற்கு அதைத் தவிர வேறொரு குறுக்கு வழியும் இல்லை. அணுவியலைப்பற்றி ஒரு சில அடிப்படையான கருத்துக்களை அறிந்து கொண்டால் தான், அணுவாற்றலின் அற்புதப் பயன்களை நன்கு புரிந்து கொள்ள இயலும். எனவே, அணுவியலைப்பற்றி ஓரளவு முதலில் அறிந்துகொள்ள முற்படுவோம்.

[32] சமூக விசை – social force

2. அணுவின் அமைப்பு

அணுவின் நுட்பம்: அணு மிக மிக நுண்ணிய துகள். பேராற்றல் வாய்ந்த நுண்ணணுப் பெருக்கியால் காண முயன்றாலும் அது நம் ஊனக் கண்ணுக்குப் புலனாகாது. அரைக்கோடி அணுக்களை அணிவகுத்து நிற்க வைத்தால் நாம் எழுதும்பொழுது வைக்கும் முற்றுப் புள்ளியினுள் அடங்கிவிடும். எனினும், அறிவியல் அறிஞர்கள் மிகச் சிறிய அணுவின் அளவினையும் கணக்கிட்டுள்ளனர். ஓர் அங்குலத்தினை இருபத்தைந்து கோடிகளாகப் பங்கிட்டால் கிடைக்கும் அளவே அணுவின் குறுக்களவாகும் என்று கண்டுள்ளனர். பெரிய அணுவின் குறுக்களவு இதனைவிட இரண்டரை மடங்கு பெரியது; அஃதாவது, ஓர் அங்குலத்தினைப் பத்து கோடியாகப் பங்கிட்டதில் ஒரு பங்காகும். இதனை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் விளக்குவோம். ஒரு திராட்சைப் பழத்திலுள்ள ஒவ்வொரு அணுவும் ஓர் அங்குல விட்டமுள்ள பந்துபோல் பெருக்கமடைவதாகக் கற்பனை செய்துகொண்டால், அந்தத் திராட்சைப் பழம் நம் பூமியளவு உப்பிப் பெருக்கமடைந்து விடும். இத்துணைச் சிறிதாகவுள்ள ஒரு பொருளை மனத்தால் எண்ணிப் பார்க்கவும் சிரமமாக இருக்கிறது. நமக்கு மட்டுமல்ல; அறிவியலை முற்றும் கற்ற மேதைகள் உட்பட, அனைவருமே அணுக்களை அதிசயப் பொருள்களாகவே — அற்புதப் பொருள்களாகவே—கருதுகின்றனர். ஒரு சிறு துகளைப் பார்க்கவும் பெருக்காடி[1] தேடும் நமக்கு அணு எப்படிப் புலனாகும்?

[1] பெருக்காடி - magnifying glass.

ஆனால், இன்றைய அறிவியலறிஞர்கள் அணுவின் எடை, அதன் அகலம், நீளம், கனம், அமைப்பு, இனம், ஆக்கப் பாடு, அழிவாற்றல் முதலிய அனைத்தையும் ஆய்வகத்தில் ஆய்கருவிகளின் துணைகொண்டு அறுதியிட்டுக் கண்டறிந் துள்ளனர். அணுவின் நுட்பம் முழுவதையும் அறிந்தால், இயற்கையின் இரகசியம் முழுவதையும் அறிந்துகொள்ள முடியும். இதனை முழுவதும் அறிந்தவர் யார்? கற்றது கைமண் அளவுதான்; கல்லாதது உலகளவு உள்ளது.

இன்று வரையில் மனிதன் அணுவினைப்பற்றி அறிந் துள்ள நுட்பங்களை எண்ணிப் பார்த்தால் அவன் கண்ட உண்மையின் பெருமை, சென்ற வழியின் அருமை, ஆராய்ச்சியின் திறமை ஆகியவை யெல்லாம் விளங்கும். அவனுடைய அறிவு அணுவின் சிற்றளவு செல்லக்கூடிய மிகக் கீழான நிலைக்கும் சென்று அதனைக் காண முனை கின்றது. மகிமா என்பது எண்வகைச் சித்திகளுள் ஒன்று; அது விருப்பம்போல் ஓர் உருவத்தைப் பருக்கச் செய்யும் ஒருவகைப் பேராற்றல். அணுவினை அண்டமாக்கும் மகிமா சித்து விளையாடும் ஒருவரிடம் ஒரு நீரிய[2] அணுவினையும் ஒரு பந்தினையும் கொடுத்தால் அவர் இரண்டினையும் தன் உள்ளங் கைகளில் வைத்துக்கொண்டு ஒரே வீதத்தில் இரண்டினையும் விம்மிப் பெருகச் செய்துகொண்டே போவார். பந்து இவ்வுலக அளவு பெரியதாக விம்மித் தோன்றுங்கால், அணு பையன் விளையாடும் பந்துபோலத் தான் தோன்றுகிறது. பந்துக்கும் உலகுக்கும் எவ்வளவு வேற்றுமை! அணு அவ்வளவு நுட்பமானது. ஆனால், அதனைக் கொண்டுதான் அறிவியலறிஞர்கள், பண்டைக் காலத்துச் சித்தர்கள்போல், பந்தாட்டமும் கோலியாட்ட மும் விளையாடுகின்றனர். எல்லா விளையாட்டுக்களும் அவர் களது கற்பனை யுலகிலேயே நடைபெறுகின்றன.

ஓர் அங்குல நீளம், ஓர் அங்குல அகலம், ஓர் அங்குல உயரம் உள்ள இடத்தில் அடங்கிக் கிடக்கும் அணுத்

[2] நீரியம் – hydrogen.

திரளைகள் ஆறு இலட்சம் கோடி கோடி. இதனை எண்ணுல் எழுதினுல் 6,0000,000,000,000,000,000 என்ருகிறது. இப் பேரெண்ணை மனத்தில் பதிவித்துக்கொள்ள முடியாது. சுருக்கி எழுதினுல் 6×10^{19} என்று ஆகும். இதை விஞடிக்கு ஒரு எண் வீதம் எண்ணினுல் ஓராண்டில் ஒருவரால் எண்ணி முடிக்கக்கூடியது மூன்று கோடியே பதினைந்து இலட்சத்து முப்பத்து ஆருயிரம். நாற்பது கோடி மக்களும் அந்த அணுக்களை எண்ணுவதில் ஈடுபட்டால், எண்ணி முடிய ஏறக்குறைய 5000 ஆண்டுகள் ஆகும். அவர்கள் கலியுகம் பிறந்ததிலிருந்து இந்த நூற்ருண்டு வரை அவற்றை எண்ணிக்கொண்டே யிருக்கவேண்டும்! இப்பொழுது அணுவின் நுட்பமும் எண்ணிக்கையின் பெருமையும் ஓரளவு நமக்குப் புலனுகும்.

அணு 92 வகை: அணு என்ருல் என்ன? ஒரு பொருளை உடைத்துக்கொண்டே போனுல் இறுதியில் எஞ்சி நிற்பது அணுத்திரளை; மூலக்கூறு என்றும் இதனை வழங்குவர். அணுத்திரளையையும் வேதியல் மாற்றத்தால் உடைக்கலாம். அவ்வாறு உடைத்தால் மிஞ்சுவது அணு. இவ்வாறு அணு அணுவாகப் பிரிபவையே உலகத்தின் அடிப்படைப் பொருள்கள்; இவற்றை அடிப் பொருள்கள் அல்லது தனிமங்கள்[3] என்று வழங்குவர். பொருள்களை அணு அணுவாக உடைத்தபொழுது அறிவியலறிஞர்கள் இந்த உலகில் 92 வகையான பொருள்கள் இருக்கக் கண்டனர்; ஒவ்வொரு வகைப் பொருளின் அணுவும் ஒவ்வொரு வகையாக இருக்கவும் கண்டனர். இந்த 92 வகைப் பொருள்களும் தம்மொடு தாமும் பிறிதுமாகச் சேர்ந்து அணுத்திரளைகள் ஆகின்றன. இப்படிப்பட்ட சேர்க்கைப் பொருள்கள்[4] இவ்வுலகில் ஏழு இலட்சத்திற்கு மேலும் உள்ளன என்று அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டுக் கூறுவர். எனவே, அணுக்களின் திரட்சியே அண்டங்களாகிறது என்பது பெறப்படுகின்றது. இங்ஙனம் அறிவியலறிஞர்கள் ஆராய்ந்து கண்ட உண்மையினைக் கவிஞர் பரஞ்சோதியார்,

[3] தனிமம் - element. [4] சேர்க்கைப் பொருள் - compound.

அண்டங்க ளெல்லாம் அணுவாக
அணுக்கள் எல்லாம்
அண்டங்க ளாகப் பெரிதாய்ச்
சிறிதாயி னனும்
அண்டங்க ளுள்ளும் புறம்புங்
கரியாயி னனும்
அண்டங்கள் ஈன்றாள் துணைஎன்பர்
அறிந்த நல்லோர். [5]

என்று கூறுகிறார். இதில் அறிவியல் அனுபவ இயலாக முகிழ்த்துள்ளமையைக் கண்டு மகிழ்க. உயிரை நீக்கி விட்டால், சடம், சக்தி என்ற இரண்டினுள் இவ்வுலகினையே அடக்கிவிடலாம். சக்தியும் சடமும் ஒன்றே என்பது இன்றைய அறிவியல் கண்ட முடிவு. ஹிரோஷீமாவையும் நாகஸாகியையும் அழித்த சக்தி அணுவிலன்றோ அடங்கிக் கிடந்தது?

வழக்கிலுள்ள பொருள்கள்: இவ்வுலகிலுள்ள பொருள்களில் அடிப்படையானவை 92 என்று மேலே கண்டோம். எனினும், வழக்கில் வருபவை பன்னிரண்டுக்கு மேல் இல்லை என்பதை அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டுள்ளனர். இது வியப்பினும் வியப்பாகும். உலகிலுள்ள பொருள்களை ஆயிரம் கூறுகளாகப் பகுத்துக்கொண்டால் ஏறக்குறைய பாதி, அஃதாவது 492 பங்கு உயிரியம். இந்த உயிரியம் காற்றில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு; நீரில் ஒன்பதில் எட்டு பங்கு. இது கல்லிலும் காணப்படும் பொருளாகும். சிலிக்கன்[6] என்பது 257 பங்கு; இது தரையில் நான்கில் ஒரு பங்கு. மணல் எல்லாம் சிலிக்கனோடு உயிரியம் சேர்ந்த சேர்க்கைப் பொருளாகும். அலுமினியம்[7] 74 பங்கு. இது களிமண்ணில் அதிகமாகக் காணப்படுவது. இரும்பு[8] 47 பங்கு; இது உயிரியத்தோடு சேர்க்கைப் பொருளாகக் கிடைக்கின்றது. கால்சியம்[9] என்ற சுண்ணும்புச் சத்து 34 பங்கு.

[5] திருவிளையாடற் புராணம் - பாயிரம் - செய்-6.
[6] சிலிக்கன் - silicon. [7] அலுமினியம் - aluminium.
[8] இரும்பு - iron. [9] கால்சியம் - calcium.

சோடியம்[10] என்ற பொருள் 26 பங்கு; இது சோற்றுப்பில் காணப்படும் பொருளாகும். பொட்டாசியம்[11] 24 பங்கு; இது அபிரேகம்[12] முதலியவற்றில் உள்ளது. மக்னீசியம்[13] 19 பங்கு; இது கடல் நீரிலும் உண்டு. பெட்ரோமாக்ஸ் விளக்கில் திரியாக எரிவதற்கு வெள்ளைச் சல்லடைபோல் உறையாகப் போடப்பட்டிருப்பது இப் பொருளே. நீரியம் 9 பங்கு; இது நீரில் உள்ளது; இது மண்ணிலும் மணலிலும் காணக் கிடக்கின்றது. குளோரின்[14] என்பது 2 பங்கு; இது சோற்றுப்பில் சோடியத்துடன் சேர்ந்து சேர்க்கைப் பொருளாகக் கிடைக்கின்றது. பாஸ்வரம்[15] 1 பங்கு. இது எருவிற்கு இன்றியமையாத பொருள். இந்தப் பன்னிரண்டு பொருள்களே உலகில் 991 பங்கானல், மிகுந்து நிற்கும் 80 அடிப் பொருள்களும் 9 பங்கு அளவே இருக்கக் காண்கின்ரும்.

பெயரிடும் முறை: இவ்வுலகிலுள்ள மக்கள் பலர் என்றுலும், அவர்களைப் பலவிதமாகப் பெயரிட்டு வழங்குகின்ரும். செட்டிநாட்டில் முதல் எழுத்துக்களைக்கொண்டு வழங்கும் முறை பெருவழக்காக இருக்கின்றது. முத்தையனை 'மு' (மூனு) என்றும், தியாகராசனைத் 'தி' (தீனு) என்றும், சொக்கலிங்கத்தைச் 'சொ' (சோனு) என்றும் வழங்குவதைக் காணலாம். அதே முதல் எழுத்தில் இரண்டு மூன்று பெயர்கள் தொடங்கிஞல் அவற்றை வேறுபடுத்தி அறிவதற்கு முதல் இரண்டு எழுத்துக்களைச் சேர்த்து எழுதுவர். முருகப்பனை 'முரு' (மூனு ரூனு) என்றும், திருநாவுக்கரசைத் 'திரு' (தீனு ரூனு) என்றும், வழங்குகின்றனர். அழகப்பன், அருணசலம், சிதம்பரம் ஆகிய பெயர்கள் முறையே 'அழ' (ஆனு ழானு) என்றும், 'அரு' (ஆனு ரூனு) என்றும், 'சித' (சீனு தானு) என்றும் வழங்கப் பெறுகின்றன. இது போன்ற ஒரு முறைதான் அணுக்களுக்குப் பெயரிடுவதிலும் மேற்கொள்ளப்பெற்றிருக்கின்றது.

---

[10] சோடியம் - sodium. [11] பொட்டாசியம் - potassium. [12] அபிரேகம் - mica. [13] மக்னீசியம் - magnesium. [14] குளோரின் - chlorine [15] பாஸ்வரம் - phosphorus.

உலகத்திலுள்ள தனிமங்கள் தனித்துக் காணப்பெருமையால் அவற்றிற்கு உலக வழக்கில் பெயர்கள் இல்லை. ஆராய்ச்சியுலகில்தான் அவற்றிற்குப் பெயர்கள் வழங்குகின்றன. பல நாட்டினரும் இந்த அடிப்படைப் பொருள்களைப் பிரித்துக் காட்டுவதில் அரும்பாடு பட்டுள்ளனர். அதனால் கண்டுபிடித்தவரது நாட்டினை நினைப்பூட்டும் பெயர்களை அறிவியல் உலகம் அவர்கள் கண்டுபிடித்த பொருள்களுக்கு இட்டு வழங்கியது. அணுத்துறை அறிவியலறிஞர்கள் செயற்கை முறையில் கண்டறிந்த தனிமங்களுக்குப் பெயரிட்டதையும் ஈண்டு குறிப்பிடுதல் பொருத்தமாகும். பெரும்பாலும் அவர்கள் கதிரவன் குடும்பத்தினையே அடிக்கடி நோக்கும் வழக்கத்தை மேற்கொண்டிருந்தமையால், 92 அணு-எடையுள்ள பொருளை யுரேனஸ்[16] என்ற கோளின் பெயரை யொட்டி யுரேனியம்[17] என்று பெயரிட்டனர். நெப்டியூன்[18] என்ற கோளின் பெயரை யொட்டி நெப்டூனியம்[19] என்ற தனிமத்தின் பெயர் அமைக்கப்பெற்றுள்ளது. புளுடோனியம்[20] என்ற பெயர் புளுட்டோ[21] என்ற கோளின் பெயரை யொட்டி எழுந்ததாகும் என்பதை யூகித்து அறியலாம். கோள்களின் பெயர்கள் முடிவுற்றதும், நாடுகள், அறிவியலறிஞர்கள், நகரங்கள் இவற்றின் பெயர்களை யொட்டி தனிமங்களுக்குப் பெயரிடும் முறை தோன்றியது. அமெரிசியம், [22] 95 ; குயூரியம், [23] 96 ; பெர்க்கிலியம், [24] 97 ஆகியவற்றின் பெயர்களை நோக்குங்கள். இவற்றில் அமெரிசியம் அமெரிக்க நாட்டின் பெயரை யொட்டியது ; குயூரியம் என்பது ரேடியத்தைக் கண்டறிந்த மேரிகுயூரி, பியரிகுயூரி என்ற தம்பதிகளின்[25] பெயர்களின் அடிப்படையில் அமைந்தது. பெர்க்கிலியம் என்பது பெர்க்கிலி[26] என்ற நகரின் பெயரை அடிப்படையாகக் கொண்டது. பெர்க்கிலி

---

[16] யுரேனஸ் - Uranus. [17] யுரேனியம் - uranium. [18] நெப்டியூன் - Neptune. [19] நெப்டியூனியம்-neptunium. [20] புளுட்டோனியம் - plutonium. [21] புளுட்டோ-Pluto. [22] அமெரிசியம்-americium, [23] குயூரியம்-curium. [24] பெர்க்கிலியம்-berkelium [25] பியரிகுயூரி-Pierre Curie, மேரிகுயூரி - Marie Curie. [26] பெர்க்கிலி-Berkeley.

என்ற நகர் கலிபோர்னியா[27] மாகாணத்திலுள்ளது. கலிபோர்னியப் பல்கலைக் கழகத்தின் கதிரியக்க ஆய்வகம்[28] ஆங்கு அமைக்கப்பெற்றிருக்கின்றது.

இந்த ஆராய்ச்சியில் பெரும்பாலும் ஐரோப்பியரே ஈடு பட்டனர். ஆதலின், அவர்கள் தங்களுக்குப் பொதுவான இலத்தீன் பெயரையே பல பொருள்களுக்கு இட்டனர். உலக வழக்கு மொழியிலுள்ள பெயர்களை இட்டால் அவை வேறு பிறவற்றையும் குறிக்கக் கூடுமென்று கருதியே வழக்கிலில் லாத இலத்தீன்பெயரை இட்டனர். அப்பெயர் கிணற்றிலிட்ட கல் போல் சிறிதும் இடம் மாருது இட்ட இடத்திலேயே கிடந்து பிற பொருளை உணர்த்துவதற்குப் போகாது. இப் பெயர்களில் முழுப்பெயராக எழுதுவது பெரு வழக்கில் இல்லை. செட்டிநாட்டில் மக்களுக்குப் பெயர்கள் தலை எழுத்தினைக் கொண்டு வழங்கப்பெறுவது போலவே, இப் பொருள்களின் பெயர்களும் வழங்கப் பெறுகின்றன. பெயர் களின் முதல் எழுத்தையே அப்பெயர்களுக்கு அறிகுறியாக எழுதுவது வழக்கம். இரண்டு மூன்று பொருள்களின் பெயர்கள் ஒரே எழுத்தில் தொடங்கினுல் முதல் இரண்டு எழுத்துக்களை எழுதுவர். கார்பனை (கரி) 'C' என்றும், நைட்டிரஜனை 'N' என்றும் எழுதுவர். ஆனுல், கால்சியத் தையும் நிக்கலையும்[29] முறையே 'Ca' என்றும் 'Ni' என்றும் இரண்டு எழுத்துக்களை அறிகுறியாக எழுதுவர். குறியீடுகள் 1, 2, 3...என்ற எண் குறியீடுகளைப் போலவே உலகம் முழுவதிலும் வழங்கும் குறியீடுகளாகும். இவை எல்லா நாட்டினர்க்கும் பொதுச் சொத்து. எனவே, நாமும் இந்தக் குறியீட்டினையே வழங்குதல் தக்கது.

பொருள்களின் வாய்பாடு[30] : இவ்விடத்தில் இன்னெரு செய்தியையும் அறிதல் இன்றியமையாதது. இந்த அடிப் படைப் பொருள்கள் யாவும் பெரும்பாலும் சேர்க்கைப் பொருள்களாகவே கிடைக்கின்றன. இவற்றின் அணுக்

[27] கலிபோர்னியா-California. [28] கதிரியக்க ஆய்வகம்-Radiation Laboratory. [29] நிக்கல் - nickel. [30] வாய்பாடு - formula.

கொத்துக்கள், அணுத்திரளைகள் என்று வழங்கப் பெறு கின்றன. இந்த அணுத்திரளைகளைக் குறிப்பது எப்படி ? சேர்க்கைப் பொருள்களில் கலந்துள்ள தனிமங்களின் குறி யீட்டாலேயே இவற்றைக் குறியிடுதல் வேண்டும். எடுத் துக்காட்டாக, சோற்றுப்பு எவ்வாறு குறிக்கப்பெறுகிறது என்பதைக் காண்போம். சோற்றுப்பு என்பது சோடியமும் குளோரினும்[31] சம அளவில் வேதியல் முறையில் கலந்த தொரு பொருள். சோடியத்தின் குறியீடு Na என்பது; குளோரினின் குறியீடு Cl என்பது. இவை இரண்டினையும் சேர்த்து Nacl என்று எழுதினுல் அது சோற்றுப்பின் அறிகுறி யாகும். இந்தச் சேர்க்கைப் பொருள் சமமாக அன்றிப் பல விதங்களில் சேர்ந்திருக்குமாளுல் அவற்றைக் குறிப்பது எங்ஙனம் ? அப்பொழுது பொருள்கள் சேர்ந்திருக்கும் விகிதத்தினையும் சேர்த்துக் குறியிடல் வேண்டும். அங்ஙனம் குறியிடுங்கால் அந்த எழுத்தினை அடுத்துக் கீழே 1, 2 என்ற எண் குறியீட்டினைக் குறிப்பது வழக்கம். நீர் என்பது நீரிய அணு (H) இரண்டு, உயிரிய அணு (O) ஒன்று ஆகியவை சேர்ந்ததொரு பொருள். நீரின் குறியீடு H_2O என்பது. தனிக்குறிகள் அணுவின் குறியீடுகள். கொத்துக் குறிகள் அணுத்திரளையின் குறியீடுகள். கரி, அஃதாவது கார்பன் C ; இரும்பு Fe ; இவை உயிரியத்துடன் கலப்பதனை CO, CO_2 FeO, Fe_2O_3 Fe_2O_4 என்று வெவ்வேருக எழுதிக் காட்டுவர். இங்ஙனமே, பொட்டாசியம் (K), குளோரின் (Cl), உயிரியம் (O) சேர்ந்து பொட்டாசியம் குளோரேட்[32] ($KClo^3$) என்ற பொருளாகிறது. நீரியம் (H), கந்தகம் (S) உயிரியம் (O) சேர்ந்து கந்தக அமிலம்[33] (H_2SO_4) ஆகிறது. இவ்வாறு பொருள்களை எழுதுவது அவ்வவற்றின் வாய்பாடு எனப்படும் ; அவை அணுத்திரளை வாய்பாடாகும்.[34]

இன்ஞெரு உண்மை : 'பொருள்கள் யாவும் அணுவால் ஆகியவை; அணு மின்சாரத்தால் ஆகியது. எனவே, உலகி

[31] குளோரின் - chlorine. [32] பொட்டாசியம் குளோரேட்- potassium chlorate. [33] கந்தக அமிலம் - sulphuric acid. [34] அணுத்திரளை வாய்பாடு - molecular formula.

லுள்ள பொருள்களெல்லாம் மின்சாரத்தால் ஆகியவை'— என்பது இன்றைய அறிவியலறிஞர்கள் ஆய்ந்து கண்ட உண்மை. அணுவினுள் குறைந்த அளவு நான்கு வகையான துணுக்குகளாவது இருக்கவேண்டும் என்பது உறுதி. எதிர் மின்னி[35], நேர் மின்னி[36], நேர் இயல் மின்னி[37], பொது இயல் மின்னி[38] என்பவை அவை. அணுவைச் சிதைக்கும் பொழுது இந்த நான்கு வகையான நுண்ணிய துணுக்குகள் வீசப்பெறுவதால், அணுவினுள் இவை நான்குமாவது அடங்கியிருக்கவேண்டும் என்பது உறுதியாக அறியப்படுவ தொன்று. இவற்றைத் தவிர, எதிர் இயல் மின்னி,[40] நியூட்டிரிஞே[41] என்ற துணுக்குகளும் உள்ளன. நேர்மின்னி என்பது எதிர் மின்னியுடன் பிறந்த இரட்டைக் குழந்தை. அளவிலும் எடையிலும் எதிர் மின்னியை யொத்தது; ஆனால், நேர்மின்னூட்டம் பெற்றது. இதன் வாழ்நாள் மிகச் சிறியது. அணுவாற்றல் வெளிப்படுவதில் இது மிகச் சிறிய பங்கே கொண்டுள்ளது. எதிர் ~~இயல்~~ மின்னியைக் கண்டறிந்தவர் ஹிடேக்கி யூக்கோவா என்ற ஜப்பானிய நாட்டு பௌதிக நிபுணர்; 1935-ல் அவர் இதைக் கண்டறிந்தார். இதுவும் அற்பாயுளை உடையது ; இது எடுத்துக் கொள்ளும் பங்கு இன்னும் கண்டறியப் பெறவில்லை. நியூட்டிரிஞே என்பது எதிர் மின்னியைப் போன்ற மிகச் சிறிய துணுக்கு. இதற்கு எடையும் இல்லை; மின்னூட்டமும் இல்லை. இது இன்னும் கொள்கையளவில்தான் உள்ளது; இது இன்னும் சோதனை மூலம் பிரித்துக் கண்டறியப் பெறவுமில்லை. இவை யாவும் அணுவின் கூறுகள். இவற்றைத் தவிர வேறு இரண்டு துணுக்குகள் அண்மையில் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன. அவை கேமுயு-டூ[42], கேபை-டூ[43] என்பவை. இன்னும் அணுவின் உள்ளகத்தில் கிட்டத்தட்ட 21 விதத்துணுக்கு கள் இருப்பதாக அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டுள்ளனர். அவற்றுள் பெரும்பாலானவை ஒரு நொடியின் மிகச் சிறு

[35] எதிர் மின்னி - electron. [36] நேர் மின்னி - positron.
[37] நேர் இயல் மின்னி-proton. [38] பொது இயல் மின்னி-neutron
[40] எதிர் ~~இயல்~~ மின்னி - meson. [41] நியூட்டிரிஞே - nutrino.
[42] கேமுயு-டூ - K mu-two. [43] கே பை-டூ - K pi-two.

பகுதி ஆயுளை உடையவை. இத்தனை விதமான துணுக்குகள் அணுவினுள் அடங்கியிருந்தாலும் மொத்தத்தில் அணு மின்சார நடு நிலையில்[44] தான் இருக்கிறது. அதில் நேர் மின்னாற்றலும் எதிர் மின்னாற்றலும் ஒரே அளவில் கலந்திருக்கின்றன. அஃதாவது, நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற நேர் இயல் மின்னியும் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எதிர் மின்னியும் எண்ணிக்கையில் சமமாக இருக்கின்றன. அணுக்களெல்லாம் சம நிலையில் இருப்பதால்தான் அவற்றைத் தொடுங்கால் தேட்கடுப்பு போன்ற அதிர்ச்சியை நாம் உணர்வதில்லை.

அணுவின் அமைப்பு: இன்றைய அறிவியலறிஞர்கள் அணுவின் அமைப்பும் அண்டத்தின் அமைப்பும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கின்றன என்று ஆய்வுகளால் நிரூபித்துக் காட்டி யிருக்கின்றனர். 'அண்டத்தில் போலத்தான் பிண்டத்திலே' என்ற பழமொழி யொன்று நமது நாட்டில் வழங்கி வருகிறது. இந்தப் பழமொழியின் உண்மை அணு ஆராய்ச்சியின் முடிவாக இருப்பதனைக் கண்டு மகிழலாம். அறிந்த ஒன்றினைக் கொண்டுதான் அறியாததனை விளக்க வேண்டும் என்பது உளநூல் விதி; இயல்பும் அதுதானே. 'அணு எப்படி யிருக்கிறது'? என்றால், 'அண்டங்கள் போல' என்போம். 'அண்டங்கள் எப்படியோ' என்றால், 'நட்சத்திரங்கள் போல்' என்போம். 'நட்சத்திரங்களின் அமைப்பு எப்படியோ' என்றால், 'கதிரவன் குடும்பம்போல்' என்போம். இவ்வாறு ஒவ்வொன்றினையும் விளக்க, உவமைகள் பயன்படுகின்றன. இந்த உவமைகள் யாவும் அறிந்தவைகளாகவே இருக்கும்; அவை சொல்லுவோருக்கும் கேட்போருக்கும் மிகவும் நன்றாகத் தெரிந்தவைகளாகவே இருக்கும்.

கதிரவன் மண்டலம்: கதிரவன் குடும்பத்தில் நாம் காண்பதென்ன? கதிரவன் நடுவில் அமைந்திருக்க அவனைச் சுற்றிப் பலப்பல மண்டலங்களில் புதன், வெள்ளி, பூமி, செவ்வாய், வியாழன், சனி, யுரேனஸ், நெப்டியூன்

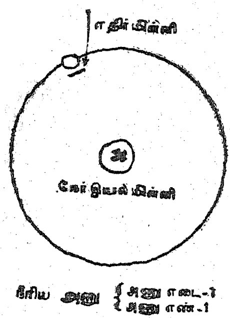
[44] மின்சார நடுநிலை – electrically neutral.

புளூட்டோ முதலிய கோள்கள் சுற்றிச் சுற்றி இயங்கி வருகின்றன. இந்தக் கதிரவன் குடும்பத்தைப் போன்றே அணுவும் அமைந்திருக்கின்றது. கதிரவன் மிகப் பெரியவன்; பூமியோ அதனைவிட எவ்வளவோ சிறியது. அணுவில் எதனைச் சூரியன் எனலாம்? எதனைப் பூமி எனலாம்? அணுவிலும் பல்வேறு அளவுள்ள மின்துணுக்குகள் இருக்கின்றன அல்லவா? அங்குள்ள நேர் இயல் மின்னியைச் சூரியன் என்று சொல்லலாம். அதில் 1840-ல் ஒரு பங்கிற்குச் சமமான எதிர் மின்னியைப் பூமிக்கு ஒப்பிடலாம். கதிரவனைப் பூமி சுற்றிச்சுற்றி வருகிறது. அது போலவே, நேர் இயல் மின்னியை எதிர் மின்னியும் சுற்றி வருகின்றது. இதில் நேர் மின்னூட்டம் பெற்றுள்ள நேர் இயல் மின்னியால் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற எதிர் மின்னி கவரப்படுவதில்லை; முன்னதில் பின்னது ஓடிப் பாய்வதில்லை. இப்படி ஒன்றினை மற்றொன்று கட்டித் தழுவி ஒன்ருகாததற்குக் காரணம் என்ன? கதிரவன் புவியை கவர்ச்சி விசை[45] என்ற ஆற்றலால் இழுக்கிருன். ஆனால், பூமி சூரியனால் கவரப்படுவதில்லை. இதற்கு என்ன காரணமோ அதே காரணம்தான் நேர் இயல் மின்னியால் எதிர் மின்னி கவரப் பெருததற்கும். பூமி சூரியனை இடைவிடாது சுற்றிக்கொண்டிருப்பதால் அந்தச் சுழற்சியின் பயனுக ஒருவித ஆற்றல் சூரியனுக்கு வெளிப்புறமாக வீசப்பெறுகின்றது. நாம் ஒரு கயிற்றின் ஒரு முனையில் சாவி யொன்றினைக் கட்டி விரலில் கயிற்றின் மற்ருெரு முனையை அமைத்துச் சுழற்றும்பொழுது சாவி விரலை இழுப்பது போன்ற ஒரு வித ஆற்றலை உணர்கிருேமன்ருே? இவ்வாறு சுழற்சியால் உண்டாகும் ஆற்றலைப் புறமுக ஆற்றல்[46] என்று வழங்குவர். இதனை மையம் விட்டோடும் விசை என்று வழங்குவதும் உண்டு. இந்த ஆற்றல்தான் சாவியை வெளியில் தள்ளுகிறது; சாவி வெளியில் சென்றுவிடாதபடி கயிறு இழுத்து நிற்கிறது. அதுபோலவே, பூமி சுழலும்பொழுது அது புறத்தே எறியப் பெறுகின்றது. கதிரவன் அது வெளியில் சென்றுவிடாதபடி

[45] கவர்ச்சி விசை - force of gravitation.

[46] புறமுக ஆற்றல் - centrifugal force.

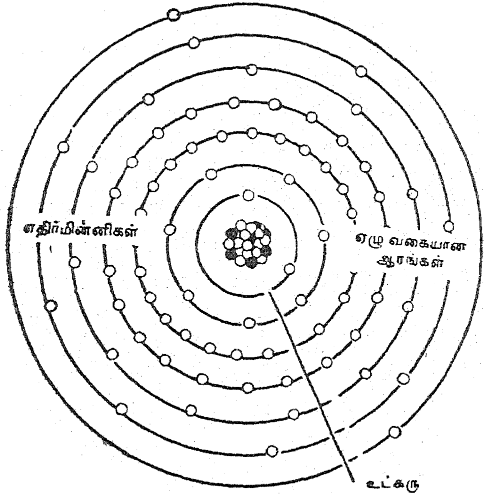
இழுக்கிறன். இந்த இரண்டு ஆற்றல்களுக்கும் இடையில் பூமி இருந்த இடத்திலேயே தன் வட்ட வழியை விட்டுப் பிறழ்ந்து போகாமல் சுழன்று வருகிறது. அங்ஙனமே, அணுவிலும் எதிர்மின்னி தன் வட்டத்தில் சுற்றி வருங்கால் புறமுக ஆற்றலால் வெளி நோக்கித் தள்ளப் பெறும்பொழுது அகமுகக் கவர்ச்சி அதனை உள்ளுக்கு இழுப்பதால், அது சம நிலையில் நின்று தன் வட்டவழியே சுழன்று செல்லுகிறது. அதனுல்தான், அது நேர் இயல் மின்னியில் போய் விழுவதில்லை. அணுவின் நடுவிலிருக்கும் நேர் இயல் மின்னியைச் சூரியன் என்று வழங்குவதில்லை. அதனை அணுவின் உட்கரு[47] என்று வழங்குவர். அதனைச் சுற்றிப் புறத்தே சுழலும் எதிர் மின்னிகளைக் கோள்நிலை எதிர் மின்னிகள்[48] என்று வழங்குவர். பூமியைச் சுற்றிச் சந்திரன் மட்டும்தான் சுழல்கிறன். அதுபோல, ஒரே நேர் இயல் மின்னியைச் சுற்றி ஒரே எதிர் மின்னிதான் சுழன்று வரும். நீரிய அணுவில் (படம்-2) இப்படித்தான் அமைந்திருக்கின்றது. நீரியத்தின் உட்கருவில் ஒரே ஒரு நேர் இயல் மின்னிதான் உண்டு. அதனைச் சுற்றி ஒரே ஒரு எதிர் மின்னிதான் இயங்கி வருகிறது. அணுவாற்றல் காரணமாகப் பெரிதும் நம் கவனத்தையெல்லாம் ஈர்த்துவரும் யுரேனியம் மிக அதிகமான அணு எடையைக் கொண்டது. ஆவர்த்தன அட்டவணையில், இயற்கையாகக் கிடைக்கும் அணுக்களில் இதுவே இறுதியில் உள்ளது. யுரேனியத்தைவிட அதிக எடையுள்ள தனிமங்களை இன்று மனிதர்கள் செயற்கை முறையில் படைத்துள்ளனர்; அவை யுரேனியத்தை அடுத்துத் தொடர்ந்து அமைகின்றன.



படம் 2

[47] உட்கரு – nucleus. [48] கோள்நிலை எதிர்மின்னிகள் – planetory electrons.

படத்தில் (படம்-3) யுரேனிய அணு காட்டப் பெற்றுள்ளது. யுரேனியம்-235 என்பதன் பொருள் என்ன? யுரேனியத்தின் அணு அமைப்பில் 92 நேர் இயல் மின்னிகளும் 143 பொது இயல் மின்னிகளும் கொண்ட உட்கரு உள்ளது. அதைச் சுற்றி ஏழு வெவ்வேறு வட்டப் பாதைகளில் உட்கருவில் உள்ள நேர் இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமான



யுரேனிய அணு

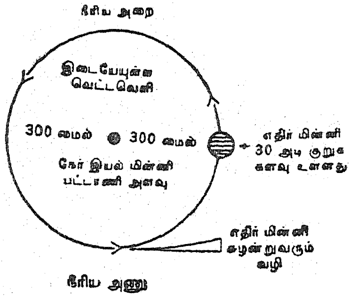
படம் 3: யு-235ன் அணுவைச் சித்திரிக்கின்றது. இதில் 92 நேர் இயல் மின்னிகளும் 143 பொது இயல் மின்னிகளும் கொண்ட ஓர் உட்கரு உள்ளது. இதைச் சுற்றி ஏழு வெவ்வேறு அயனப் பாதைகளில் உட்கருவிலுள்ள நேர் இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமான எண்ணிக்கையுள்ள எதிர் மின்னிகள் சுழன்று வருகின்றன.

எண்ணிக்கையுள்ள (92) எதிர் மின்னிகள் சுழன்று வருகின்றன. இந்த யுரேனியத்தின் அணு–எடை 235. நேர் இயல் மின்னிகளின் எடை 92; பொது இயல் மின்னிகளின் எடை 143. இவற்றின் கூட்டுத் தொகை 235; இதுதான் அணு-எடை. இதுபற்றிய விவரங்களைப் பின்னர்க் காண்போம்.

உட்கரு: ஓர் அணுவின் எடை முழுவதும் அதன் உட்கருவில் செறிந்திருக்கின்றது. அதில் நேர் இயல் மின்னிகளும் பொது இயல் மின்னிகளும் கலந்திருக்கின்றன. இரண்டும் எடையில் சமமானவை என்று அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். நேர் இயல் மின்னிகள் நேர் மின்னூட்டம் பெற்றவை; பொது இயல் மின்னிகளிடம் மின்னூட்டம் ஒன்றும் இல்லை. ஆகவே, அதனை நேர் இயல் மின்னியும் கவர்வதில்லை; எதிர் மின்னியும் கவர்வதில்லை; வெறுத்துத் தள்ளுவதும் இல்லை. பொது இயல் மின்னி கருவில் இருப்பதால் மின்னூட்டம் மிகுதிப்படுவதுமில்லை. ஒரு கருவினுள் நேர் இயல் மின்னியோ எதிர் மின்னியோ வந்தால் மின்னூட்டம் மாறும்; பொது இயல் மின்னி வந்தால் அது மாறுவதில்லை. பொது இயல் மின்னியின் வருகையால் அணுவகையும் மாறுவதில்லை; ஆனால், அணுவின் எடையில் மட்டிலும் மாற்றம் நிகழ்கிறது.

நீரிய அணுவின் குறுக்களவு ஓர் அங்குலத்தில் பத்துக் கோடியில் ஒரு பங்கைக்காட்டிலும் குறைவானது. ஆனால், அணுக்கருவின் குறுக்களவு இதில் 20,000-ல் ஒரு பங்குதான். அஃதாவது, உட்கருவின் குறுக்களவினைக் காட்டிலும் அணுவின் குறுக்களவு 20,000 மடங்கு பெரிது. எதிர்மின்னியின் குறுக்களவு அணுவின் குறுக்களவில் ஐம்பதாயிரத்தில் ஒருபங்கு. நேர் இயல் மின்னியின் குறுக்களவு எதிர் மின்னியின் குறுக்களவில் இரண்டாயிரத்தில் ஒரு பங்கு. எதிர்மின்னியின் பொருண்மை 9×10^{-27} கிராம். நேர் இயல் மின்னி இதனினும் 1840 மடங்கு கனமுள்ளது. எடையிற் பெரிய கரு எடையிற் சிறிய எதிர்மின்னியைவிட இட அளவில் சிறிதாக இருப்பது ஒரு வியப்பு. அணுவின் பொருள் - திணிவு முழுவதும் அதன் உட்கருவிலேயே அடங்கிக் கிடக்கின்றது; அஃதாவது, அணுவின் கரு மிக அழுத்தமாகக் கட்டுண்டுகிடக்கின்றது. இதனைச் சில எடுத்துக்காட்டுக்களால் விளக்குவோம். ஓர் அணுவின் அளவினைப் பெரிதாக்கி அதன் பரப்பை இருபது மீட்டர் விட்டமுள்ள வட்டத்தில் குறிப்பிட்டால், அப்பொழுது ஒரு மில்லி மீட்டரில் பத்தில் ஒரு

பங்கு அளவுள்ள ஒரு மையப் புள்ளியே அதன் உட்கருவினைக் குறிக்கும். மகிமாச் சித்தர் ஒருவர் ஒரு துளி நீரை உலகம் அளவு பெரிதாகச் செய்ய முடியுமானல், அதிலுள்ள ஒவ்வொரு அணுவும் ஒரு மீட்டர் குறுக்களவுடையதாக இருக்கும். அப்பொழுதும் கருவின் குறுக்களவு ஒரு மில்லி மீட்டரில் நூறில் ஒரு பங்குதான் இருக்கும். அதே சித்தர் ஒரு நீரிய அணுவினை 600 மைல் குறுக்களவுள்ள (300 மைல் ஆரையுள்ள) கோளம்போல் விம்மி உப்பச் செய்தால் அதன் நடுவில் நேர் இயல் மின்னி ஒரு பட்டாணி அளவு கிடக்கக் காணலாம். எதிர் மின்னியோ இதனினும் மிகப் பெரிதாய், 30 அடி குறுக்களவுள்ள பெரிய உருண்டையாய், கோளத்தின் விளிம்பில் கிடக்கும். (படம்-4). எனவே, அணு முழுவதும் பெரும்பாலும் காலியிடமே நிறைந்துள்ளது; எல்லாம் வெட்ட வெளியாகக் கிடக்கின்றது. கதிரவனுக்கும் கோள்களுக்கும் இடையில் வெட்டவெளி கிடப்பதுபோலவே, அணுவிலும் உட்கருவிற்கும் எதிர் மின்னிக்கும் இடையில் எல்லாம் வெட்டவெளியே யாகும். எடை முழுவதும் கதிரவனிடம் இருப்பது போலவே, அணுவிலும் எடை முழுவதும் கருவிலே அடங்கிக் கிடக்கின்றது. ஒருவர் அணுவைத் துளைத்து அதனுள் பறந்து செல்லக் கூடுமானல், அவர் எதிர் மின்னியையோ உட்கருவினையோ அடிக்கடிச் சந்திக்க முடியாது. இதனல்தான் உட்கருவினைத் தாக்கிச் சிதைக்க முயலுங்கால் தாக்கச் செல்லும் பொருள்கள் — அணு ரவைகள் — கருவில் படாமல் வெட்டவெளியில் ஓடிப்போகின்றன.



படம் 4: நேர் இயல் மின்னி பட்டாணி அளவுதான் உள்ளது. எதிர் மின்னியின் குறுக்களவு 30 அடி. அணு அறையினுள் 600 மைல் குறுக்களவுள்ள இடைவெளி இருப்பதைக் காண்க.

எதிர் மின்னிகளின் அமைப்பு: அணுவின் அமைப்பில் உட்கருவிற்கு வெளியே இருக்கும் எதிர் மின்னிகள் பல வட்டங்களில் கோள்நிலையில் சுற்றி வருகின்றன. இவை கடுமையான வேகத்துடன் சுற்றுகின்றன. இதனைப் *பாரதியார்*,

'இடையின்றி அணுக்களெலாம் சுழலுமென
இயல்நூலார் இசைத்தல் கேட்டோம்'

என்று கூறுகின்றார். சிலவற்றின் வேகம் வினாடிக்கு அறுபதினாயிரம் மைல் வரையிலும் இருக்கிறது. மின்னிகள் விரைவாக ஓடிவருவதனால்தான் அணுவுக்குத் திடமான உருவம் ஏற்படுகிறது. ஓர் எடுத்துக்காட்டால் இவ்வமைப்பு தெளிவாகும். மிதிவண்டியின்[49] மையத்திலிருந்து அதன் பரிதிக்குப் பல கம்பிகள் செல்லுகின்றன. சக்கரம் சுற்றாமல் இருக்கும்பொழுது இரண்டு கம்பிகளிடையே நம் விரலை விடலாம். சக்கரம் விரைவாகச் சுழலும்பொழுது நாம் விரலை விட முடியாது. இதைப்போலவே, எதிர் மின்னிகள் தம் ஓட்டத்தினால் அணுவிற்குத் திண்மையையும் தருகின்றன. அதனால் அணுவின் உட்கரு நன்கு பாதுகாக்கவும் பெறுகின்றது. எனவே, அணுவின் காலியிடம் நிரம்ப இருந்த போதிலும், அதற்குள் செல்வது மிகவும் சிரமம். அணுவின் அமைப்பை இதிகாசங்களில் வரும் 'சக்ரவியூக'த்துடனும் ஒப்பிடலாம்.

கதிரவனைப் பல கோள்கள் பல மண்டலங்களில் சுற்றி வருவது போலவே, உட்கருவினைப் பல வட்டங்களில் எதிர் மின்னிகள் சுழன்றுகொண்டிருக்கின்றன. ஓர் அணுவில் ஓர் எதிர்மின்னி இருந்தால் ஒரு மின்னூட்டம் இருக்கும்; இரண்டு எதிர்மின்னிகள் இருந்தால் இரண்டு மின்னூட்டமாகும். மின்னூட்டமாவது மின்சாரம் பாயும் அளவு. எதிர் மின்னிகளின் எண்ணிக்கை வளர வளர, அதன் மின்னூட்டமும் படிப்படியாக வளர்ந்துகொண்டே போகும். கோள்

[49] *மிதிவண்டி*-cycle

நிலையில் சுழன்றுவரும் எதிர் மின்னிகள் ஒன்றிலிருந்து படிப் படியாக 92 வரையிலும் உயர்ந்துகொண்டே போகின்றன. இதனால்தான் அணுக்களின் வகையும் 92 ஆயிற்று. மின்னூட்ட எண்ணிக்கையின் வேறுபாடே அணுக்கள் பல வகையாகக் காணப்படுவதற்குக் காரணமாகும். மிகமிகச் சிறிதாகிய மின்சாரப் பரமாணுவாம் மின்னி ஒன்று சேர்வதால் ஓர் அணு பிறிதோரணுவாக மாறுகின்ற தன்மை நம்மை வியப்பினில் ஆழ்த்துகின்றது.

எதிர் மின்னிகளால் விளையும் எதிர் மின்னூட்டத்தைச் சமநிலையாக்க நேர் மின்னூட்டமும் இருக்கவேண்டும். எதிர் மின்னிகள் ஒன்றிலிருந்து 92 வரை மிகுதிப்பட்டு 92 வகையான அணுக்களைப் படைத்துவருங்கால், நேர் இயல் மின்னியும் ஒன்றிலிருந்து 92 வரை மிக்கு வருகின்றது. இந்த நேர் இயல் மின்னிகள் யாவும் அணுக்கருவில் செறிந்து அடங்குகின்றன. எனவே, அணுக்களின் பெயர்களை உருப் போட்டு நினைவில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டியதில்லை. நேர் இயல் மின்னியின் எண்ணிக்கையைக் கொண்டே அணுக்களுக்கு 1, 2, 3, 4—என நெடுக 92 வரை சென்று பெயர் இடலாம். 92 என்றால், 92 நேர் இயல் மின்னிகளைக் கொண்ட அணு; அஃதாவது, யுரேனியம் எனலாம். 88 என்றால், 88 நேர் இயல் மின்னிகளைக் கொண்ட ரேடியம்[50] என்றாகும். பதினாயிரம் மக்கள் வேலை செய்யும் தொழிற்சாலைகளிலும், ஆயிரம் மாணாக்கர்கள் கற்கும் கல்லூரிகளிலும், பல நோயாளிகள் தங்கியிருக்கும் மருத்துவ நிலையங்களிலும், ஊர்காவலர்களைப்[51] பெயரிடுவதிலும் எண்களைக் கொண்டு வழங்குவதுபோன்ற முறையாகும் இது. எனினும், அந்த எண்களை வழங்குவதற்கும் அவற்றைக் கொண்ட மக்களின் இயல்புக்கும் யாதொரு பொருத்தமும் இல்லை. ஆனால், எண்முறை கொண்டு அணுக்களுக்குப் பெயரிடும் சடங்கில் உண்மையான தத்துவம் பொதிந்திருக்கின்றது. குறிப்பிட்ட அணுவிற்கும் அந்த அணு கொண்டுள்ள எண்ணிற்கும் நேரான தொடர்பு உண்டு ; உயிர்க்கு உயிரான

[50] ரேடியம்-radium. [51] ஊர்காவலர்-police constable.

தொடர்பு அது. அந்த எண் தான் அந்த அணுவின் கருவில் உள்ள நேர் இயல் மின்னியின் எண்ணிக்கை. அந்த அணுவில் கோள் நிலையில் சுற்றிவரும் எதிர் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையையும் அந்த எண்ணே சுட்டுகிறது. எனவே, அணு-எண்[52] என்ற இந்த எண்ணை அணுவின் உண்மையையெல்லாம் விளக்கி நிற்கும் ஒரு மந்திரமாகவே கொள்ள வேண்டும்.

மேற்கூறியவற்றை நோக்கும்பொழுது, அணுவெல்லாம் அடிப்படையில் ஒரு தன்மையனவே என்பதை அறிகின்ருேம். மின்னிகளின் ஏற்றக்குறைவே வேற்றுமைக்கு அடிப்படை. மின்னிகளின் எண்ணிக்கையை ஏற்றவும் குறைக்கவும் முடியுமாளுல், ஒருவகையணுவை வேருெருவகை அணுவாக்கலாம். செம்பையும் இரும்பையும் பொன்னுக்கலாம்; இரசவாதம் செய்யலாம். இந்த எண்ணத்தை அணு-எண் நமக்குத் தருகின்றது. பண்டையோர் கருத்திலமைந்த இரசவாதமும் இந்த அடிப்படையில்தான் அமைந்திருக்க வேண்டும். இதனுல் பொன்னும் மண்ணும்[53] ஒன்ருகின்றன. இந்த உண்மையை நன்குணர்ந்த யோகியர் இரண்டையும் ஒன்ருகக் கருதும் உள்ளத்தினைப் பெற்றிருக்கின்றனர். இதனையே,

கேடும் ஆக்கமும் கெட்ட திருவினுர்
ஓடும் செம்பொனும் ஒக்கவே நோக்குவார்[54]

என்று சேக்கிழார் பெருமான் குறிப்பிட்டிருப்பதை எண்ணி மகிழலாம். அறிவியலறிஞர்கள் என்ற இன்றைய சித்தர்கள் அணு அமைப்பினை மாற்றிப் பொன்னைவிட மிக விலையுயர்ந்த பொருள்களை யாக்குவதை மேலே சென்று காண்போம்.

கோள்நிலை எதிர் மின்னிகள்: அணுவிலுள்ள எதிர் மின்னிகள் பல வட்டங்களில் சுழலுகின்றன என்று மேலே கூறினேம் அல்லவா? இந்த வட்டங்கள் வெவ்வேறு தூரங்

[52] அணு-எண்-atomic number. [53] மண்-silicon.
[54] பெரிய புராணம் - செய். 143

களில் அமைந்திருக்கின்றன. உட்கருவிற்கு மிகவும் அருகிலுள்ள மண்டலத்தில் இரண்டு எதிர் மின்னிகள் இருக்கக் கூடும். புகை வண்டியில் முதல் வகுப்புப் பெட்டியில்[55] இரண்டுபேர் உட்காருவதற்கு ஏற்றபடி வசதிகள் அமைந்திருக்கும். அந்தப் பெட்டியில் ஒருவர் ஏறிக்கொள்ளலாம். அல்லது இருவர் உட்காரலாம். அதற்குமேல் இருக்கக் கூடாது. மூன்றுவதாக ஒருவர் வந்தால் அவர் வேறொரு பெட்டியில்தான் போய் ஏறவேண்டும். அணுவில் அம்முறையில் அமைந்த இரண்டாவது மண்டலத்தில், புகை வண்டியின் இரண்டாம் வகுப்புப் பெட்டியில் எட்டு பேர் இருப்பதற்கு இடம் இருப்பதுபோலவே, எட்டு எதிர் மின்னிகள் இருக்கக் கூடும். அதற்கு அடுத்த மூன்றுவது சுற்றிலும், சில மூன்றும் வகுப்புப் பெட்டியிலிருப்பது போல, எட்டு எதிர் மின்னிகளுக்குமேல் இருக்க முடியாது. ஆனால், ஏனைய சுற்றுக்களிலெல்லாம், மூன்றும் வகுப்புப் பெட்டிகளில் திருவிழாக் காலங்களில் மக்கள் கணக்கிற்குமேல் ஏறிச் செல்வதைப் போல், எட்டு எதிர் மின்னிகளுக்கு மேலும் இருக்கலாம்.

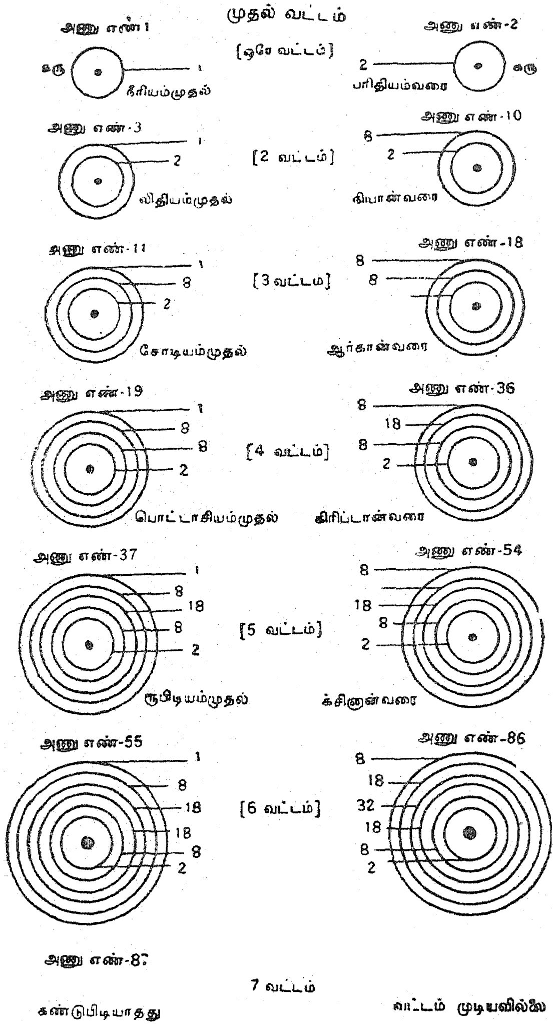
இதையே இன்னொரு எடுத்துக்காட்டால் விளக்கலாம். கோவிலின் கருப்பக் கிருகத்தில் பெருந் தெய்வம் அமர்ந்திருக்கும். அதைச் சுற்றி, சிறிதான முதல் பிராகாரத்தில் இரண்டொரு தெய்வங்களின் விக்கிரகங்கள் அல்லது உருவச்சிலைகள் இருக்கும். அடுத்த பிராகாரத்தில் சில தெய்வங்கள் இருக்கக்கூடும். அதற்கு அடுத்த பிராகாரத்திலும் அவ்வாறே இருக்கும். வெளிப் பிராகாரத்திலோ பல தெய்வங்களின் விக்கிரகங்கள் வைத்திருக்கக் காணலாம். அணுவின் அமைப்பிலும் இவ்வாறே எதிர் மின்னிகள் பல சுற்றுக்களில் அமைந்திருக்கின்றன.

மண்டலக் கணக்கு: இந்த எதிர் மின்னிகள் பல வட்டங்களில் அமைந்திருப்பது ஓர் ஒழுங்கில்தான் இருக்கின்றது. கருவினுக்கு அடுத்த வட்டத்தில் 2 எதிர் மின்னிகள் உள்ளன. இரண்டாவது வட்டம் 8 எதிர் மின்னிகளைக்

---

[55] முதல் வகுப்புப் பெட்டி - first class compartment.

மண்டலக் கணக்கு



படம் 5: எதிர்மின்னிகள் உட்கருவினைச் சுற்றிப் பற்பல வட்டங்களில் அமைகின்ற நிலையைப் படம் விளக்குகின்றது. வட்டங்களின் உள் இருப்பது அணுவின் உட்கரு.

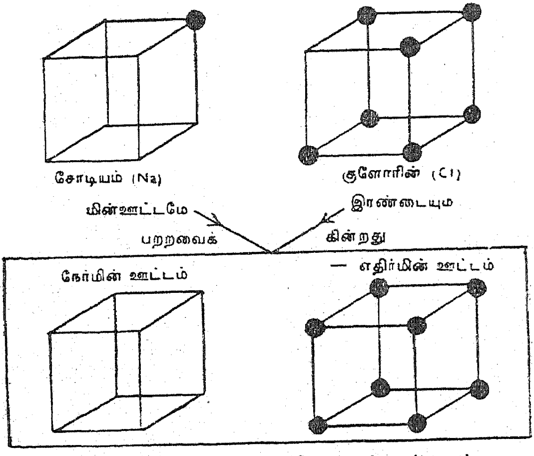
கொள்ளும். அதற்கு அடுத்த மூன்ருவது வட்டமும் 8 எதிர் மின்னிகளைத்தான் கொள்ளும். நான்காவதும் ஐந்தாவதும் ஒவ்வொன்றும் 18 எதிர் மின்னிகளைக்கொள்ளும். ஆருவதும் ஏழாவதும் ஒவ்வொன்றும் 32 எதிர் மின்னிகளைக்கொள்ளும். இந்த எண் வரிசையில் ஒரு பொருத்தமும் காணப்படு கின்றது.

$$(1 \times 1)\,2 = 2\cdot1^2 = 2$$
$$(2 \times 2)\,2 = 2\cdot2^2 = 8$$
$$(3 \times 3)\,2 = 2\cdot3^2 = 18$$
$$(4 \times 4)\,2 = 2\cdot4^2 = 32$$

1, 2, 3, 4 என்ற நான்கின் மடக்கெண்களை இரண்டால் பெருக்கிய தொகையாக இவை வருகின்றன. இந்த வட்டங்களில் முதல் நான்கு வட்டங்களே முழுதும் நிரம்பியிருக்கின்றன. ஐந்து, ஆறு, ஏழு வட்டங்கள் கனமுள்ள அணுக்கள் வரும் வட்டங்களாகும். இவை முழுதும் நிரம்பி இருப்பதில்லை. இந்த மேல் நிலை வட்டங்களில் வெளிப் புறத்தில் இருக்கும் மண்டலம் மேற்காட்டிய கணக்குப்படி 18 அல்லது 32 எதிர்மின்னிகள் கொண்டு விளங்கவேண்டும் என்றிருந்தாலும், எந்த வெளிப்புற வட்டத்திலும் 8 எதிர் மின்னிகளுக்குமேல் இருப்பதில்லை. அணுக்களில் கோள் நிலை எதிர்மின்னிகள் அமைந்திருக்கும் இயல்பைப் படத்திலுள்ள (படம்—5) பல வட்டங்கள் உணர்த்துகின்றன.

வேதி இயல்பு: ஒரு பொருளின் வேதி இயல்பு இந்த வெளிப்புற வட்டத்தினைக் கொண்டுதான் நிர்ணயிக்கப் பெறுகின்றது. ஓர் அணுவின் வெளிப்புற வட்டத்திலுள்ள எதிர்மின்னிகள் மற்ருேர் அணுவின் வெளிப்புற வட்டத்திலுள்ள எதிர்மின்னிகளுடன் சேர்ந்து ஒரு வட்டம்போல் நிற்பதுதான் வேதி இயல்பு எனப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, சோடிய அணுவின் எதிர்மின்னிகள் 2+8+1 என்ற முறையில் மூன்று அடுக்குகளில் அமைந்திருக்கின்றன. குளோரின் அணுவிலுள்ள 17 எதிர்மின்னிகள் 2+8+7 என்ற முறையில் அமைந்திருக்கின்றன. சோடிய அணுவின் மூன்ருவது சுற்றில் (புற வட்டத்தில்) ஓர் எதிர்மின்னியும் குளோரின் அணுவின் மூன்ருவது சுற்றில் (புற வட்டத்தில்)

ஏழு எதிர் மின்னிகளும் சுற்றி வருகின்றன. குறை நிலையில் உள்ள இந்த ஏழும் ஒன்றும், ஒன்றுகக் கூடிச்சேர்ந்ததும் எட்டு ஆகிவிடும்; புறநிலை வட்டமும் நிறைந்துவிடும். எப்படி? புறநிலை வட்டம் மறைகிறது (படம்—6).



சோடியம் குளோரைடு (சோற்றுப்பு) (Nacl)

படம் 6. சோற்றுப்பின் அமைப்பு

மின்னூட்டமே Na என்ற சோடிய அணுவையும் cl என்ற குளோரின் அணுவையும் பற்றவைத்து Nacl என்ற (சோற்றுப்பின்) அணுத்திரளையாகச் செய்கின்றது

இவ்வாறே ஓர் அணுவின் வெளிப்புற வட்டத்தில் இரண்டு எதிர் மின்னிகளும் மற்ருேர் அணுவின் வெளிப்புற வட்டத்தில் ஆறும் இருந்தால், அவையும் இவ்வாறே ஒன்றுகி நிறை நிலையில் கலக்கும். எட்டு எதிர்மின்னிகளும் நிறைந்த நிலையில் அணுக்கள் முழுநிலையாகக் கிடக்கின்றன. இவை எந்தப் பொருள்களோடும் சேர்வதில்லை. இவை யாவும் வைதிகர்போல் ஓர் அணுவையும் தீண்டுவதில்லை. ஹீலியம்,[56] நியான்,[57] ஆர்கான்,[58] கிரிப்டான்,[59]

---

[56] ஹிலியம் (பரிதியம்) - helium. [57] நியான் - neon.
[58] ஆர்கான் - argon. [59] கிரிப்டான் - kripton.

ஜெஞன்,[60] ரேடான்[61] என்ற சோம்பேறிக் கூட்டத்தைச் சேர்ந்தவை யாவும் பிற பொருள்களுடன் சேர்வதில்லை. இவற்றின் புறவட்டங்கள் 8 எதிர் மின்னிகள் நிறைந்த நிலையில் உள்ளன.

உட்கரு அமைப்பு: இரண்டு வகைச் செங்கல்களால் கட்டப்பெற்ற வீடுபோல், எல்லா அணுக்களின் உட்கருக்களும் நேர் இயல் மின்னிகள், பொது இயல் மின்னிகள் என்ற இரண்டு வகைத் துணுக்குகளால்தான் அமைந்திருக்கின்றன. உட்கருவின் செறிவும் எம்மருங்கும் ஒருபடித்தாகவே[62] இருக்கின்றது. இந்தத் துணுக்குகள் யாவும் மிக இறுகப் பிணைக்கப் பெற்றுள்ளன. நாம் அறிந்த ஆற்றல்கள் எல்லாவற்றிலும் இவை பிணைந்திருக்கும் ஆற்றல்கள் மிகப் பெரியவை. இந்த ஆற்றலை உட்கருவின் பிணைப்பாற்றல்[63] என்று வழங்குவர். அணுக்களிலுள்ள எதிர்மின்னிகளுக்கும் அவற்றின் உட்கருக்களுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னாற்றலைவிட இவ்வாற்றல் பத்து இலட்சம் மடங்கு பெரிது ; வன்மையும் வாய்ந்தது. இந்த ஆற்றலின் இயல்புகளையும் தன்மைகளையும் விளக்கும் பொருட்டு அறிவியலறிஞர்கள் பல கோட்பாடுகளை வெளியிட்டுள்ளனர். ஆயினும், அவற்றுள் ஒன்றுவது இதுகாறும் அறியப்பெற்றுள்ள செய்திகள் அனைத்தையும் விளக்கவல்லது அன்று.

பின்னக் கணக்கு : நீரிய அணுவில் ஒரு நேர் இயல் மின்னியும் ஓர் எதிர்மின்னியும் உள்ளன என்று மேலே கூறினோம். எதிர்மின்னியைவிட நேர் இயல் மின்னி 1840 மடங்கு எடை மிக்கது என்றோம். இந்த எடையை நோக்க எதிர்மின்னியின் எடையைப் பொருட்படுத்த வேண்டியதில்லை. எனவே, நீரிய அணுவின் எடையும் நீரிய உட்கருவின் எடையும் சமம் என்று கொள்வதில் தவறில்லை. இந்த நீரிய அணுக்கருவே எல்லாவகை அணுக்களுக்கும் அடிப்படை. இந்தக் கருவின் எடை 1·00813 என்று தராதர எடைக் கணக்கில்

---

[60] ஜெஞன் - zenon. [61] ரேடான் - radon, [62] ஒருபடித்தாக - homogeneous. [63] உட்கருவின் பிணைப்பாற்றல் - binding energy of the nucleus.

கூறப்பெறுகின்றது. மேலுள்ள எடைகள் யாவும் முழு எண்ணுக இருக்க, இது மட்டிலும் பின்னமாக இருப்பதற்குக் காரணம் என்ன ? இந்த இம்மிக் கணக்கில்தான் உலகமே அடங்கிக் கிடக்கின்றது. இதை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் விளக்குவோம். இருநி[64] என்பது ஒரு நேர் இயல் மின்னியும் ஒரு பொது இயல் மின்னியும் சேர்வதால் உண்டாகும் ஓர் எளிமையான அமைப்பினைக் கொண்ட ஒரு நீரிய உட்கரு. ஒரு நேர் இயல் மின்னியின் எடை 1·00813. ஒரு பொது இயல் மின்னியின் எடை 1·00895. இவை இரண்டின் மொத்த எடை 2·0171 ஆக இருக்கவேண்டும். ஆனுல், இவை இரண்டும் ஒன்ருக இணைந்த இருநியின் எடை 2·0147 தான். எடையில் 0·0024 காணப்பெறவில்லை. பொருண்மையில் 0·0024 எங்கோ மறைந்துவிட்டது. இது 2·2 ஆயிரமாயிரம் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்குச்[65] சமம்; அஃதாவது, 2,200,000 வோல்ட்டுக்களின் ஆற்றலுக்கு ஈடானது. ஒருநேர் இயல் மின்னியும் ஒரு பொதுஇயல் மின்னியும் இருநியாக ஆகும்பொழுது விடுவிக்கப்பெறும் ஆற்றல் தான் இது. மேலே கூறியபடி இந்த இரண்டு துணுக்குகளையும் பிரிக்க வேண்டுமாயின், அவற்றிலிருந்து விடுவிக்கப் பெறும் ஆற்றலை மீண்டும் அளித்தாக வேண்டும். அஃதாவது, அணுவின் உட்கருவிலுள்ள துணுக்குகள் ஒன்ருக

[64] இருநி - deuteron.

[65] எலக்ட்ரான் - வோல்ட்டு : ஓர் எதிர்மின்னி ஒரு வோல்ட்டு மின் அழுத்த வேற்றுமையில் (potential difference) செல்லுங்கால் பெறும் ஆற்றலின் அளவு. இதனை ev என்ற குறியீட்டால் வழங்குவர். அணுக்கருவிலுள்ள துணுக்குகளின் பிணைப்பாற்றல் இதைவிடப் பத்து இலட்சம் மடங்கு பெரிது. அணுவியலில் இந்த அளவின் பத்து இலட்சம் மடங்கு அளவைக் கையாளுவதே வழக்கமாக இருந்து வருகிறது. 10 இலட்சம் ev = 1 Mev. ஒரு Mev என்பது ஒரு துணுக்கு 10 இலட்சம் வோல்ட்டு மின் அழுத்த வேற்றுமையினிடையே செல்லுங்கால் ஏற்றுச் செல்லும் ஆற்றலின் அளவாகும்.

இணையுங்கால் எவ்வளவு பொருண்மை குறைகின்றதோ அதற்கேற்ற அளவில் ஆற்றலைப் பயன்படுத்தினாலன்றி உட்கருவினைத் தகர்க்க முடியாது.

ஆல்பா-துணுக்கு என்பது அணு-எண் 2 கொண்ட பரிதியத்தின்[66] உட்கருவாகும். இரண்டு நேர் இயல் மின்னிகளும் இரண்டு பொது இயல் மின்னிகளும் இணைந்ததால் உண்டானது இது. இவற்றின் பொருண்மையைக் கூட்டினால் மொத்தம் 4·0342 ஆகும். ஆனால், ஆல்பா-துணுக்கின் பொருண்மை 4·0017 தான். ஆற்றலாக உருமாறிய 0·0315 பொருண்மை எங்கோ மறைந்தது. இதற்கு ஈடான ஆற்றலின் அளவு 28,000,000 எலக்ட்ரான்-வோல்ட்டு. இந்த அளவு ஆற்றலைப் பயன்படுத்தினாலன்றி அதன் உட்கருவைத் தகர்க்க முடியாது. ஆதலால்தான், ஆல்பா-துணுக்கு அவ்வளவு நிலைத்த தன்மையைப் பெற்றுள்ளது. கதிரியக்கமுள்ள பொருளின் உட்கரு வெடிக்கும் பொழுது கூட ஆல்பா-துணுக்கு தகர்ந்து போவதில்லை; முழு ஆல்பா-துணுக்காகவே வெளிவருகின்றது.

மாயமாக மறைந்த ஆற்றல் : இருநிக் கரு அமைப்பிலும் பரிதியக் கரு அமைப்பிலும் ஆற்றல் மறைந்ததைக் கண்டோமன்றோ? இந்த ஆற்றல் மறைவதற்குக் காரணம் என்ன? ஓடிப் போகும் சிறுவனை ஓடாது தடுத்துப் பிடித்துக்கொள்வதற்கு ஆற்றல் வேண்டுமல்லவா? ஒரேவித நேர்மின்னூட்டமுள்ள துணுக்குகள் ஒன்றையொன்று வெறுத்துத் தள்ளும் என்பது நமக்குத் தெரியும். அணுவின் உட்கருவில் நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற நேர் இயல் மின்னிகள் இருக்கின்றன. இவை ஒன்றையொன்று வெறுத்துத் தள்ளி பிய்த்துக் கொண்டு போகாமல் ஒன்றாக இயையவைத்துத் திரட்ட ஆற்றல் வேண்டும். மறைந்த ஆற்றல் இதற்குச் செலவிடப் பெற்றிருக்கின்றது. இது நேர் இயல் மின்னிகளை அழுத்தி வைத்துக்கொண்டு கிடக்கின்றது.

[66] பரிதியம்—helium.

இரண்டு எடுத்துக்காட்டுக்கள் : சில எடுத்துக்காட்டுக் களால் இது நன்கு புலனுகும். இரண்டு காகிதங்களை ஒட்டு வதற்குத் திரவமாகக் கரைத்த கோந்து பயன்படுகின்றது. அவற்றிலுள்ள ஈரம் உலர்ந்ததும் அவை வன்மையாக ஒட்டிக்கொள்ளுகின்றன. அவ்விரண்டு காகிதங்களை மீண்டும் பிரிக்க வேண்டுமாயின், அவற்றை நனைத்தாக வேண்டும். அஃதாவது, ஆவி உருவத்தில் அவற்றினின்றும் அகன்ற நீரை மீண்டும் அக்காகிதங்களுக்கு அளித்தாக வேண்டும். அவற்றை நனைப்பதற்கு வேண்டிய மிகக் குறைந்த அளவுள்ள நீரே அவ்விரண்டு காகிதங்களையும் ஒட்டுவதற்குப் பயன்பட்ட ஆற்றல் என்று உத்தேசமாகக் கூறலாம். இதே அளவு நீர்தான் கோந்து காகிதங்களை ஒட்டினபோது ஆவியாக மாறிற்று. இன்னுமோர் எடுத்துக் காட்டினைக் கூறுவோம். காசுக் கடைச் செட்டியார் ஒருவர் நகையை அடமானமாக வாங்கிக் கொண்டு கடனுகப் பணம் தருகிருர். செட்டியாரையும் நகையையும் பிரிக்க வேண்டுமானுல், கடனுக வாங்கிய தொகை முழுவதையும் அவருக்குத் திரும்பக் கொடுத்து விடவேண்டும். எவ்வளவுக் கெவ்வளவு அவர் கடன் கொடுத்த தொகை—அஃதாவது, அவருடைய கையை விட்டுச் சென்ற தொகை—பெரிதா யிருக்கின்றதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு அவர் தம் கைக்கு வந்து சேர்ந்த நகையை விடாப் பிடியாகப் பிடித்துக்கொண் டிருப்பார். இங்கே செட்டியாரையும் நகையையும் பிணைத்த ஆற்றல் பணம். அதுபோலவே, அணுவின் உட்கருவில் துணுக்குகளைப் பிணைத்த ஆற்றல்தான் மறைந்த ஆற்றல். இவ்வாறு மறைந்த ஆற்றல்தான் அணுகுண்டின் திருவிளை யாடலில் பங்கு கொண்டது. ஹிரோஷீமா, நாகஸாகி என்ற ஜப்பான் நகரங்களை நாசமாக்கியது. பின்னக் கணக்கில் எழுந்த அணுகுண்டு இரு நகரங்களைச் சின்னபின்னப் படுத்தி விட்டது! கருவிலடங்கிக் கிடக்கும் ஆற்றலை அடுத்து வரும் அத்தியாயத்தில் காண்போம்.

3. ஆற்றல்

பின்னக் கணக்கில் எழுந்த ஆற்றலை (energy) மேலே கண்டோம். அதைக் கண்டபின் ஆற்றலைப்பற்றி ஓரளவு தெளிவாக அறிந்துகொள்ள வேண்டும் என்ற குறுகுறுப்பு நம்மிடையே உண்டாகிறது; அறிவுத் தினவு எடுக்கிறது. ஆற்றல் என்பது என்ன? ஆற்றல் என்பது சக்தி. ஆற்றல் என்ன என்பதைச் சொற்களால் வரம்புகட்டி உணர்த்த முடியாது. காரணம், அது உருவப் பொருள் அன்று; அருவப் பொருள். சடப் பொருளைப்போல் அதனைக் கண்ணுல் காணுதல் ஒண்ணுது. அது செயற்படுவதிலிருந்தே அதனை அறிந்து கொள்ள இயலும். ஆற்றல் செயற்படாத இயக்கங்களும் இல்லை; நிகழ்ச்சிகளும் இல்லை. நெருப்பு, எரிக்கும் ஆற்றலினுல்தான் எரிகிறது; இவ்வித ஆற்றல் இயற்கையான ஆற்றல். நீர் முதலியவை விதையை முளைக்கும்படி செய்கின்றன. இவ்வாற்றல் செயற்கையானது. இவை உலகப் பொருள்களில் காணக் கிடக்கும் நடைமுறையிலுள்ள ஆற்றல்கள். ஆற்றலின்றி இவ்வுலகம் இயங்காது; கோள்கள் இயங்கா. இவ்வுலகிலுள்ள தொழில்கள் யாவும் நடைபெரு. எந்தத் தொழில் செய்வதற்கும் ஆற்றல் வேண்டும். நாம் நடப்பதற்கு, ஓடுவதற்கு, மூட்டை தூக்குவதற்கு, இன்னும் இன்னேரன்ன பிறகாரியங்களுக்கு ஆற்றல் வேண்டும். இவற்றையெல்லாம் கூர்ந்து நோக்கினுல் 'எல்லாம் ஆற்றல் மயம்' என்பது தெள்ளிதின் புலனுகும். ஆற்றலின் தத்துவத்தை நன்

குணர்ந்த நம் நாட்டவர் 'சக்தி வழிபாடு' என்ற ஒருவகை ஆண்டவன் வழிபாட்டினையே வளர்த்துள்ளனர். சக்தி வழிபாட்டினில் திளைத்த பாரதியார்,

ஓம்சக்தி என்பவர் உண்மை கண்டார், சுடர்
ஒண்மைகொண் டார்உயிர் வண்மை கொண்டார்

என்று கூறியிருப்பது ஈண்டு சிந்தித்தற்குரியது. இவ்வுலக நிகழ்ச்சிகளை யெல்லாம் கூர்ந்து நோக்கிய பாரதியின் கவிதையுள்ளம் ஆற்றலின் இருப்பிடத்தை யெல்லாம் நன்கு உணர்ந்தது. அடியிற் கண்ட பாடல்கள் அவ்வுள்ளத்தி லிருந்து மலர்ந்தன.

பரிதி யென்னும் பொருளிடை யேய்ந்தனை,
 பரவும் வெய்ய கதிரெனக் காய்ந்தனை;
கரிய மேகத் திரளெனச் செல்லுவை,
 காலு மின்னென வந்துயிர் கொல்லுவை;
சொரியும் நீரெனப் பல்லுயிர் போற்றுவை,
 சூழும் வெள்ள மெனவுயிர் மாற்றுவை;
விரியும் நீள்கட லென்ன நிறைந்தனை,
 வெல்க காளி யெனதம்மை வெல்கவே.

வாயு வாகி வெளியை அளந்தனை,
 வாழ்வெ தற்கும் உயிர்நிலை ஆயினை;
தேயு வாகி ஒளியருள் செய்குவை,
 செத்த வற்றைக் கருப்பொருள் ஆக்குவை;
பாயு மாயிரஞ் சத்திக ளாகியே,
 பாரி லுள்ள தொழில்கள் இயற்றுவை;
சாயும் பல்லுயிர் கொல்லுவை, நிற்பன
 தம்மைக் காத்துச் சுகம்பல நல்குவை.

நிலத்தின் கீழ்பல் லுலோகங்கள் ஆயினை,
 நீரின் கீழெண் ணிலாநிதி வைத்தனை;
தலத்தின் மீது மலையும் நதிகளும்,
 சாருங் காடுஞ் சுனைகளும் ஆயினை;

குலத்தி லெண்ணற்ற பூண்டு பயிரினம்,
கூட்டி வைத்துப் பலநலந் துய்த்தனை;
புலத்தை யிட்டிங் குயிர்கள்செய் தாய், அன்னே!
போற்றி! போற்றி! நினதருள் போற்றியே!

என்று 'மகா சக்திக்கு' வாழ்த்து கூறுகிறார் மகா கவி. நாம் செய்துவரும் ஒவ்வொரு வேலையையும் கவனித்து அறிஞர்கள் ஆற்றல்களை நான்குவகையாகப் பிரித்துள்ளனர். அவற்றை ஈண்டு ஒரு சிறிது நோக்குவோம்.

பூகவர் விசை: முதலாவது ஆற்றல் பூகவர் விசை என்பது. இப் பிரபஞ்சத்திலுள்ள[1] ஒவ்வொரு பொருளும் பிற பொருள்களைக் கவர்கின்றது. பூகவர் விசை என்னும் ஆற்றல் பொருள்களின் நிறைக்கேற்றவாறு மாறுபடுகின்றது. இப்புவியின் நிறை அதன் மேற்பரப்பிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களின் நிறைகளை விட மிகப் பெரிதாகலின், அவையாவும் பூமியினால் ஈர்க்கப் பெறுகின்றன. நாம் ஆற்றும் ஒவ்வொரு வினையிலும் இவ்விசை குறுக்கிடுகிறது. நாம் மேல் வீட்டுக்கு ஏறிப் போக வேண்டுமானால், நம்மைக் கீழ்நோக்கி ஈர்க்கும் கவர்ச்சி ஆற்றலுக்கு மீறிச் செயலாற்ற வேண்டும். வானவூர்தியில் பறக்கவேண்டுமானாலும் பூமியின் கவர்ச்சிஆற்றலை மீறியே வினையாற்ற வேண்டும்.

பௌதிக இயலில் ஆற்றலை அளக்கும் முறையினை அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டுள்ளனர். ஆற்றலைச் செலுத்தி ஒரு பயனை அடைவதையெல்லாம் வேலை அல்லது வினை[2] என்று குறிப்பிடுவர். வினை என்பது இயக்கம் பெற்ற ஆற்றலின் குறியீடு. ஓர் இராத்தல் எடையை பூகவர் விசையை மீறி ஓர் அடி உயரம் தூக்குவதற்குச் செய்யவேண்டிய வேலைதான் இந்த அளவின் அலகு[3]. இதனை இராத்தலடி[4] என்று வழங்குவர். ஒரு கிடங்கு வெட்டி 2000 இராத்

[1] பிரபஞ்சம் - universe. [2] வேலை அல்லது வினை - work. [3] அலகு - unit [4] இராத்தலடி - foot pound.

தல் மண்ணைச் சராசரி 6 அடி உயரம் கிளப்பினால், செய்யப் பட்ட வினை $2000 \times 6 = 12000$ இராத்தலடிகள். ஒரு பளுவை மேலே தூக்கியோ அல்லது ஒரு சுருள் வில்லை இறுக்கியோ வினை செய்யப்பெற்றால் அதற்காகக் கடந்த காலம் ஒரு விநாடியாயினும் ஒரு மணியாயினும் வினையின் அளவு ஒன்றேயாகும். கால அளவு வினை செய்யப்பெற்ற வீதத்தைக் காட்டுமே யொழிய வினையின் மொத்த அளவில் வேற்றுமை யுண்டாக்காது. ஒரு டன் எடையை மேல் வீட்டிற்கு ஒரு விநாடியில் தூக்கிவிடக் கூடிய தூக்கு பொறிக்கும்[5] அதையே ஒரு நிமிடத்தில் தூக்கக்கூடிய மற்றொரு இயந்திரத்திற்கும் உள்ள வேற்றுமையை நாம் உணர்கிறோமன்றோ? இரண்டு பொறிகளும் செய்யும் வேலை ஒன்றேயாயினும் செய்யும் வீதத்தில் (அஃதாவது விசையில்[6]) வேறுபடுகின்றது. இங்கிலாந்து நாட்டில் தொழிற் புரட்சியின் தொடக்கத்தில் ஆற்றல் மிக்க பல புதிய பொறிகள் கண்டு பிடிக்கப்பெற்றன. ஜேம்ஸ் வாட்[7] என்ற அக்காலத்திலிருந்த பௌதிக அறிஞர் தாம் கண்டறிந்த நீராவிப் பொறியின் திறனை யாவர்க்கும் விளங்கும் வகையில் கூற விரும்பினார். அவருக்கு ஒரு யுக்தி தோன்றியது. நமது நாட்டில் மாடுகளைப் பல வேலைக்கும் பயன்படுத்துவதைப் போல இங்கிலாந்தில் குதிரைகளை மக்கள் பயன்படுத்துவது வழக்கம். ஆகவே, பாமரரும் புரிந்து கொள்ளும் வகையில் பொறியின் திறனை இத்தனைக் குதிரைத் திறன்[8] என்று அவர் கூறினார். திறமை வாய்ந்த குதிரைகள் வேலை செய்யும் திறனின் சராசரியை அளவிட்டு, அவர் இவ் வலகை வகுத்தார். 550 இராத்தல் எடையுள்ள பொருளை ஒரு விநாடி நேரத்தில் ஓர் அடி உயரம் தூக்கக்கூடிய திறனே குதிரைத் திறனாகும். இது 746 வாட்டுக்குச் சமம். ஆகவே, ஒரு கிலோ வாட் என்பது சுமார் $1\frac{1}{3}$ குதிரைத் திறனாகும். ஓர் எடுத்துக் காட்டால் குதிரைத் திறன் என்ன என்பது விளக்கம் எய்தும். ஒரு மனிதரின் எடை நூற்றுப்பத்து இராத்தல் என்று கொள்வோம். அவர் தம் எடையைத் தூக்கிக்

---

[5] தூக்குபொறி - crane. [6] விசை - power.
[7] ஜேம்ஸ் - James watt. [8] குதிரைத் திறன் - horse-power.

கொண்டு இருபது அடி உயரமுள்ள ஒரு மாடி வீட்டிற்கு எட்டு விநாடியில் ஏறுகிறார். அப்பொழுது அவர் செய்த வேலை $110 \times 20 = 2200$ இராத்தலடிகள். அஃதாவது, அவர் விநாடிக்கு 275 இராத்தலடிகள் வேலை செய்கிறார்; இது அரைக் குதிரைத்திறன் ஆகிறது. பலம் மிக்க ஒரு மனிதரின் மிக உயர்ந்த விசை இரண்டேகால் குதிரைத் திறனுக்குச் சமம். ஆனால், அவர் இந்த விசையுடன் சிறிது நேரந்தான் வினையாற்ற முடியும்; விரைவில் களைப்பு ஏற்பட்டு விடும். மிதிவண்டி, படகு வலித்தல் போன்ற செயல்களை நீண்டநேரம் செய்யும்பொழுது காற் குதிரைத் திறனுக்குமேல் அவர் வினையாற்ற இயலாது.

சடத்துவம்[9] : நமது வேலைகளில் குறுக்கிடும் மற்றோர் ஆற்றல் பொருள்களிடையே அமைந்திருக்கும் சடத்துவம் ஆகும். ஒரு பொருள் தன் நிலையில் மாறுதல் நிகழ்வதை எதிர்க்கும் பண்பு அதன் சடத்துவம் எனப்படும். எல்லாப் பொருள்களிடத்தும் இப் பண்பு உள்ளது. அசைவற்ற நிலையிலிருக்கும் ஒரு பொருள் தன்மீது ஒரு விசை[10] தொழிற் பட்டாலன்றித் தனது அசைவற்ற நிலையிலேயே இருக்க முயலும். சீரான கதியோடு (நேர்வேகத்தோடு)[11] இயங்கும் பொருள்களும் தம்மீது வேறு விசை செயற்பட்டாலன்றித் தாம் இயங்கும் நிலையிலேயே இருக்க முயலும். சில எடுத்துக்காட்டுக்களைக்கொண்டு இவற்றை விளக்குவோம். ஓடுகிற புகை வண்டியிலிருந்து நாம் இறங்கும்பொழுது நமது கால்கள் தரையைத் தொட்டவுடன் தரை அவற்றின் இயக்கத்தைத் தடுத்து அவற்றின் வேகத்தைச் சூன்யமாக்கி விடுகிறது. ஆனால், உடம்பின் மேற்பாகம் மட்டிலும் அவ்வாறு தடுக்கப் பெறாததால் அது வண்டி செல்லும் வேகத்துடன் சென்று கொண்டிருக்கிறது. இதனால் நாம் முன்னே சாய்ந்து கீழே விழ ஏதுவாகிறது. ஆகவே, இதைத் தவிர்க்கும் பொருட்டு நாம் சற்று முன்னோக்கி ஓடியோ அல்லது பின்னோக்கிச் சாய்ந்தோ கீழே விழாமல் தப்பித்துக் கொள்ளுகிறோம். இது போலவே, ஓடிக்கொண்டிருக்கும் புகை வண்

[9] சடத்துவம் - inertia. [10] விசை - force. [11] கதி (நேர் வேகம்)—velocity.

டியில் நாம் உட்கார்ந்து கொண்டிருக்கும்பொழுது வண்டி சட்டென்று நின்று விட்டாலும் நமக்கு இதே சங்கடம்தான் ஏற்படுகிறது. வண்டி சட்டென்று நின்றவுடன் வண்டியின் அடித்தளமும் நமது உடலின் அடிப்பாகமும் நின்று விடுகின்றன. உடலின் மேற்பாகம் மட்டிலும் முன்னேக்கிச் செல்ல முயலுவதால், நாம் வண்டி ஓடிய திசையிலேயே முன்னேக்கிச் சாய்கின்ருேம். ஒரு மாட்டுவண்டியில் அளவுக்கு மீறி சாமான்களை ஏற்றிவிட்டால், மாடுகள் அவ்வண்டியை இழுக்க முடியாது திணறுவதைக் காண்கின்ருேம். இதுவும் பொருளின் (சமான்கள் உட்பட வண்டியின்) சடத்துவத்தினுல் ஏற்பட்ட விளைவுதான். நிறை அதிகமானுல் அவற்றிற்கு இயக்கத்தை உண்டாக்குவது மிகக் கடினமாகி விடுகின்றது. மிகக் கனத்த உடலைக் கொண்ட மக்கள் எளிதில் அங்குமிங்கும் ஓடியாடித் திரிய இயலாத நிலையில் இருப்பதற்கும் இதுவே காரணமாகும்.

அணுவாற்றல் : நாம் செய்யும் வினைகளில் குறுக்கிடும் மூன்ருவது ஆற்றல் அணுவாற்றல். பொருள்கள் யாவும் அணுக்களால் ஆனவை. இவ்வணுக்களிடையே தோன்றும் கவர்ச்சி ஆற்றல்களினுல்தான் பொருள்களின் குணங்கள் வேறுபடுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, கற்கண்டினை வெகு எளிதாகச் சிதைத்துப் பொடியாக்கிவிட முடிகிறது; ஆனுல், இரும்புத் துண்டை அவ்வாறு செய்ய முடிகிறதில்லை. ஒரு மரத்துண்டின் மேற்பட்டையைக் கத்தியைக் கொண்டு எளிதாகச் சீவி விட முடிகிறது; ஆனுல், ஓர் உலோகத்துண்டை அங்ஙனம் செய்ய முடிகிறதில்லை. இதற்குக் காரணம் என்ன? ஒவ்வொரு பொருளிலும் அணுக்களிடையேயுள்ள கவர்ச்சியாற்றல் ஒவ்வொரு விதமாக இருக்கின்றது. ஒரு பொருளின் வடிவத்தையோ பருமனையோ மாற்றுவதற்கு இவ்வணுக் கவர்ச்சியினை எதிர்த்து வினையாற்ற வேண்டியுள்ளது. இவ்வாறு செய்துதான் வாழ்க்கைக்கு வேண்டிய எண்ணற்ற மரச்சாமான்களையும் உலோகச் சாமான்களையும் பயன்படுத்தி வருகின்ருேம்.

நான்காவதாக நாம் போராடி எதிர்த்து வரும் ஆற்றல் இயந்திர சகாப்தத்தினுல் ஏற்பட்ட விளைவு.

மேலே கூறிய மூன்று ஆற்றல்களைப்போல சாதாரண மனிதனுடைய அனுபவத்தில் அவ்வளவு அதிகமாக இந்த ஆற்றல் குறுக்கிடுவதில்லை. இதை மின் காந்தப் புலங்களினால் கம்பிச் சுருள்களின் இயக்கத்திற்கு ஏற்படும் தடை என்று கூறலாம்.

ஆற்றல் பரிமாற்றங்கள் : இவ்வாறு நாம் காணும் பல்வேறு ஆற்றல் வடிவங்கள் ஒன்று பிறிதொன்ருக மாறிக்கொண்டே யிருக்கின்றன. இந்தப் பரிமாற்றத்தால்[12] நாம் பலவித செளகர்யங்களை அடைகின்ருேம். மிக்க அழுக்கத்திலுள்ள நீராவியில் ஆற்றல் சூட்டு வடிவிலுள்ளது. அதன் பொருள் என்ன? நீராவியிலுள்ள நீரின் இறுதித் துணுக்குகளாகிய அணுத் திரளைகள் விரைவான இயக்கத்[13]திலிருக்கின்றன. ஒரு பொறியினுள் அடங்கியிருக்கும் நீராவி ஓர் ஊடியங்கியைத்[14] தள்ளிக் கொண்டு விரியுங்கால், அது குளிர்ந்து வெப்பத்தை இழக்கின்றது. இது அந்தப் பொறியில் இயந்திர ஆற்றலாக[15] மாறி விடுகிறது. அந்தப் பொறி ஒரு மின்னுக்கப் பொறி[16] யினை இயக்கி, எதிர் மின்னிகளை இயக்க நிலைக்குக் கொண்டு வருகின்றது. இதனுல் மின்ளேட்ட[17] வடிவில் மின்சார ஆற்றல் உற்பத்தியாகிறது. இந்த ஆற்றல் ஓர் இயந்திர இயக்கியை[18] (மோட்டார்) இயக்கி மீண்டும் இயந்திர ஆற்றலாக மாறி விடுகிறது. அல்லது, அந்த மின்னுற்றல் ஒரு கம்பியின் வழியாகச் சென்று வெப்ப ஆற்றலாக மாறவும் கூடும். மின் அடுப்புக்கள் யாவும் இந்த மின் ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறுவதன் விளைவாக ஏற்பட்டவையே. அதே கம்பி மிக உயர்ந்த அளவில் சூடானுல் அது ஒளிர்வடைந்து[19] அந்த ஆற்றலில் ஒருபகுதி ஒளியாற்றலாக வீசப்பெறுகின்றது. எல்லா ஆற்றல்களிலும் ஒளியாற்றல்தான் மிகத் தூய்மையானது. காரணம், அது

---

[12] பரிமாற்றம் - transformation. [13] இயக்கம் - motion. [14] ஊடியங்கி - piston. [15] இயந்திர ஆற்றல் - mechanical energy. [16] மின்னுக்கப் பொறி - dynamo. [17] மின்ளேட்டம் - electric current. [18] இயந்திர இயக்கி - motor. [19] ஒளிர்வு அடைதல் - becomes luminous

எந்தச் சடப்பொருள் துணுக்குகளிலும் உறவு கொள்ள வில்லை. ஆயினும், அது ஒளியணுக்கள்[20] எனப்படும் ஈத ரின் துணுக்குகளானது.[21] இந்த ஒளியணுக்கள் நேராக நம் கண்ணினுள் நுழைந்து பார்வை யுணர்வைத் தூண்டி விடு கின்றன.

ஆற்றல்களின் மூலம்: கதிரவன்தான் ஆற்றல்களின் பிறப்பிடம்; மூலம். ஏராளமான ஒளி ஆற்றல், அல்லது கதிர்வீசு ஆற்றல், கதிரவனிடம் உற்பத்தியாகி விசும்பு வெளியைக் கடந்து விநாடிக்கு 1,86,000 மைல் வீதம் விரைந்து வந்து பூமியை அடைகின்றது. அது நம்மை வந்தடைய 8 நிமிடங்கள் ஆகின்றன. பூமி வெப்பம் இழந்து சில்லிட்டுக் குளிர்ந்து உயிரற்றுப் போகாதபடி சூரியனால் காக்கப்பெறுகின்றது. கதிரவனுடைய உட் புறத்திலுள்ள வெப்பம் சுமார் 20,000,000 சுழியுள்ளது. அங்குள்ள அமுக்கமும் ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 15,000,000,000 இராத்தல்களாக இருக்கின்றது. இவ் வளவு வெப்பமும் அமுக்கமும் சூரியனிடம் ஒன்றாகச் சேர்ந்து இருப்பதால் சூரியனிடமிருக்கும் கோள்நிலை எதிர் மின்னிகள் முற்றிலும் உதிர்க்கப்பெறுகின்றன. ஆயின், அவற்றின் உட்கருக்கள் மட்டிலும் தகர்ந்து போகாமலிருக் கின்றன. அந்த நிலையில் நேர் இயல் மின்னிகளும் பொது இயல் மின்னிகளும் சிக்கலான முறைகளில் இணைகின்றன. அவை இணையும்பொழுது ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது. சூரியனிடமிருந்தும் நட்சத்திரங்களினின்றும் ஆற்றல் வெளி வருவதற்கு இந்நிலைகளும் நிகழ்ச்சிகளுமே காரணம் ஆகும். கதிரவனிடம் இரண்டு நேர் இயல் மின்னிகளும் இரண்டு பொது இயல் மின்னிகளும் இணைந்து பரிதிய உட்கருவை[22] இயற்றுகின்றன. இதனால் அதிகமான அளவு சூடு விடு விக்கப் பெறுகின்றது. ஒவ்வொரு நொடியிலும் கோடானு கோடி உட்கருக்களில் இந்நிகழ்ச்சி நிகழ்ந்து வருகின்றது.

---

[20] ஒளியணுக்கள் - photons. [21] ஈதரின் துணுக்குகள் - etherial particles. [22] பரிதிய உட்கரு - heilum nucleus.

ஒவ்வொரு விநாடியிலும் கதிரவனிடமிருந்து ஒன்றரைக் கோடியே கோடி குதிரைத் திறன் அளவு கொண்ட ஆற்றலைச் சூரியனிடமிருந்து பூமி பெறுகிறதாக அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். இதில் மூன்றில் ஒரு பகுதி கடல், ஏரி முதலிய நீர் நிலைகளிலிருந்து நீரை ஆவியாக மாற்றுவதற்குச் செலவழிக்கப்பெறுகின்றது. இவ்வாறு மேலே நீராவியாகச் செல்லும் நீர்தான் பின்னர் மலைகளின் உச்சியில் மழையாகப் பொழிகின்றது. மழை நீர் ஆறுகளாகப் பாய்வதனால் நீர் வீழ்ச்சிகள் உண்டாகின்றன. உலகிலுள்ள எல்லா ஆறுகளிலும் ஓடுகின்ற நீரின் ஆற்றலைக் கொண்டு சுமார் முப்பத்தைந்து கோடி குதிரைத் திறன் அளவு ஆற்றலைப் பெறலாம் என்று மதிப்பிடுகின்றனர். கதிரவன் வெப்பத்தை யொட்டியே காற்றுகள் வீசுகின்றன; காற்றின் ஆற்றல் குறைந்த அளவு பயன்படுகின்றது. மின்னலில் உண்டாகும் மின்சார ஆற்றலைக் கட்டுப்படுத்த இன்னும் அறிவியலறிஞர்கள் வழி வகுக்கவில்லை. ஒவ்வொரு மின்னலிலும் சுமார் ஆயிரம் குதிரைத் திறன் அளவு ஆற்றல் வெளிப்படுவதாகவும், உலகின் பல பாகங்களில் விநாடி ஒன்றுக்குச் சராசரி பதினாறு மின்னல்கள் ஏற்பட்டு வருவதாகவும் மதிப்பிடப் பெற்றிருக்கின்றது. ஆனால், தற்சமயம் மின்சார ஆற்றலை நீர்வீழ்ச்சிகளினின்றும், நிலக்கரியினின்றுமே பெறுகின்றனர். இன்று அணுவில் பதுங்கிக் கிடக்கும் ஆற்றலைக் கிளப்பிவிட்டு அதனை மின்னாற்றலாக மாற்றும் வழியையும் கண்டறிந்திருக்கின்றனர். இதனைப் பின்னர்க் காண்போம்.

கதிரவனிடமிருந்து பெறும் ஆற்றலைத் துணைகொண்டே தாவரங்கள் வேதியற் கிரியைகளை விளைவித்து சருக்கரை[23] மாப்பொருள்கள்[24] மரக்கூர்[25] ஆகியவற்றைத் தயாரிக்கின்றன. இதன் விவரம் பின்னர் விளக்கப்பெறும். மனித நலனுக்காகத் தாவரங்கள் ஆண்டுதோறும் பத்தாயிரம் மிலியன் டன் மரத்தையும் (இது முழுவதும் மரக்கூரானது) பல நூறு மிலியன் டன்கள் கோதுமை, அரிசி,

[23] சருக்கரை - sugar. [24] மாப்பொருள் - starch.
[25] மரக்கூர் - cellulose.

மாப்பொருளையுடைய ஏனைய உணவுவகைகள் ஆகியவற்றையும் தயார் செய்கின்றன. இப்பொருள்களிலுள்ள ஆற்றல் எல்லாம் வேதியல் வடிவில் இருக்கின்றது. இந்த ஆற்றல் இயக்கத்திலுள்ள ஆற்றல் அன்று; மரக்கூறிலும் மாப் பொருளிலுமுள்ள அணுத்திரளையின் அணுக்கள் பிணைந்திருக்கும் கொக்கிகளில்[26] அடங்கிக் கிடக்கின்றன. வேதியல் ஆற்றல்[27] என்பது இறுக்கமாகச் சுற்றப் பெற்றுள்ள. நீள் சுருளில்[28] அடங்கிக் கிடக்கும் மீள் சக்தியைப்[29] போன்று சேமித்து வைக்கப்பெற்றுள்ள ஒருவகை ஆற்றலாகும். மேற்கூறிய வடிவுகளிலுள்ள ஆற்றல் எல்லாம் அமைதியாகவும் கண்காணு நிலையிலும் நீள்சுருள், எரியை, மலைமீதிலுள்ள பனிக்கட்டி ஆகியவற்றில் சேமிக்கப் பெற்றிருக்கின்றது. அது மனிதனுடைய வினையை ஆற்றவல்ல இயக்கமாகவும், சூடாகவும், மின்னுற்றலாகவும் விடுவிக்கப் பெறும்.

எரியைகள்[30]: நீள் சுருளிலுள்ள ஆற்றலை விடுவிப்பது போலவே, வேதியல் ஆற்றலையும் விடுவிக்கலாம். அணுக்களிடையேயுள்ள கொக்கிகள் தளர்த்தப் பெற்றதும் ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது. தாவரப் பொருள்களைப் பொறுத்தமட்டிலும் இது எளிதாகிறது; அவைகளைச் சூடாக்கி விட்டாலே போதும். சூடு சேர்ந்ததும் அதன் சூட்டுநிலை உயருகின்றது; அஃதாவது, அணுத்திரளைகளின் அதிர்ச்சியையும்[31] இயக்கத்தையும்[32] அதிகரிக்கச் செய்கின்றது. இதுவே அணுத்திரளைகளைப் பிணைத்து வைத்திருக்கும் கொக்கிகளைத் தளர்வடையச் செய்து விடுகிறது; இதனால் அணுத்திரளைகள் சிதைவடைந்து[33] நீராவியாகவும் மரக்கரியாகவும்[34] மாறுகின்றன. காற்றிலுள்ள உயிரியம் சேர்வதற்கு வாய்ப்பு ஏற்பட்டால், நீர்சவி உயிரியத்துடன் சேர்ந்து நீராகமாறுகிறது; கரி உயிரியத்துடன் சேர்ந்து கரியமிலவாயுவாகின்றது. இது

[26] கொக்கி - bond. [27] வேதியல்ஆற்றல் - chemical energy. [28] நீள் சுருள் - spring. [29] மீள்சக்தி - elasticity. [30] எரியைகள் - fuels. [31] அதிர்ச்சி - vibration. [32] இயக்கம் - motion. [33] சிதைவடை - decompose. [34] மரக்கரி - charcoal.

வேதியல் கிரியையால் ஏற்பட்ட விளைவு. தாவரப் பொருள்களில் தீக்குச்சியைக் கிழித்து வைத்தால் அவை யாவும் எரிந்து விடுகின்றன. அவை கொழுந்துவிட்டு சுவாலையுடன் எரிகின்றன. சுவாலையினின்று வரும் சூடு சேமித்து வைக்கப் பெற்றுள்ள வேதியல் ஆற்றலிலிருந்து எழுகின்றது. இந்த வேதியல் ஆற்றல் கதிரவனிடமிருந்து பெற்றதாகும். எரிதலில்[35] வெளிப்பட்ட சூடு எரிந்த பொருள்களை உண்டாக்குவதற்குத் தாவரங்கள் கதிரவனிடமிருந்து பெற்ற ஒளியாற்றலுக்குச் சமமாகும் என்பதை கவனத்துடன் செய்யப் பெற்ற சோதனைகளால் தெரிய வருகின்றது. எனவே, எரியைகள் மனிதனின் உடன் பயனுக்காக அமைந்த வேதியல் ஆற்றலின் சேமிப்பிடங்களாகும்.

ஒரு காலத்தில் கட்டை[36] உலகெங்கும் எரியையாக இருந்தது. இன்றும் உலகில் சில பகுதிகளில் கட்டையையே எரியையாகப் பயன்படுத்தி வருகின்றனர். ஆனால், நவீன தொழிற்சாலைகளில் நிலக்கரிதான் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. நிலக்கரி என்பது பல்லாயிரக் கணக்கான ஆண்டுகட்கு முன்னர் சதுப்பு நிலங்களில் ஆழ்ந்து புதையுண்டு உருமாறிய கட்டையே. பன்னெடுங் காலத்திற்கு முன்னர் நிலத்தினடியில் புதையுண்ட கட்டையே பாறையாக மாறிய மண், மணல் அடுக்குகளின் அதிக அழுக்கத்திற்கும் சூட்டிற்கும் உட்பட்டு சிதைவடைந்து இறுகி நிலக்கரியாக மாறியது. எனவே, நிலக்கரி என்பது பண்டைக் கதிரவன் ஒளி சேமித்து வைத்த வேதியல் ஆற்றலாகும். கட்டையைவிட அது அதிகம் விலையுயர்ந்த எரியையாகப் பயன்படுகிறது. காரணம், அது இறுகி அடர்வுடன் உள்ளது; அதில் சிறிதும் நீரோ, காற்றோ இல்லை. ஒவ்வொரு இராத்தல் எடையிலும் அது கட்டையைவிட அதிக ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளது. இதுபோலவே, பெட்ரோலியம் என்ற எண்ணெய்ப் பொருளும் மிக முக்கியமானது. பெட்ரோலியம் என்பது பலகோடி யாண்டுகட்கு முன்னர் கடல்வாழ் சிறு உயிர்களும் தாவரங்களும் பண்டைக் கடலினடியில் நசித்

[35] எரிதல், தகனம்—combustion. [36] கட்டை—wood.

துச் சிதைந்து உருமாறியதன் விளைவே என்று அறிஞர்கள் கூறுகின்றனர். இந்த இரண்டு எரியைகளிலும் ஆற்றல் அதிகம் அடங்கியுள்ளது; அவற்றை ஓரிடத்திலிருந்து பிறிதோரிடத்திற்கு எளிதில் கொண்டு செல்லலாம்; தேவைப் படுங்கால் கச்சிதமாக அவற்றிலிருந்து ஆற்றல் தேவையான அளவு கிடைக்குமாறு செய்துகொள்ளலாம். அதுவும், தாரேடியின் பொறியில் எண்ணெய் சொட்டுச் சொட்டாக விழும்படி செய்துகொள்ளவும் முடியும்.

உணவுவகைகள்: வேதியல் முறையில் நோக்கினால் உணவுவகைகளும் எரியைகளே. காரணம், அவை விலங்குகளின் இயக்கத்திற்குத்[37] தேவையான ஆற்றலை அளிக்கின்றன. உடல் வளர்ச்சிக்கும் தேய்விற்கும் வேண்டிய ஊட்டப் பொருள்களை அவை அளிக்கின்றன என்றாலும், எல்லா உணவுகளிலும் பெரும்பகுதி ஆற்றல் கிடைப்பதற்காகவே எரிக்கப்பெறுகின்றன. எரியைகளைப்போல உணவு சுவாலையுடன் எரிவதில்லை. காரணம், உடலின் கூட்டு நிலையை அதிகரிக்காது எரிதலை—சரியாகச் சொன்னால் ஆக்ஸிகரணத்தை[38]—நடத்திவைக்கும் வியத்தகு திறனை உடல் பெற்றிருக்கின்றது. ஆனால், மாப்பொருள்களும் சருக்கரைப் பொருள்களும், கொழுப்புப் பொருள்களும் பிசிதங்களும், ஒரு பொறியினுள் எரியைகள் எரிவது போல், உடலினுள் எரிந்து கொண்டிருக்கின்றன. அவற்றின் சிக்கலான அணுத்திரளைகள் எளிதானவைகளாக உடைக்கப்பெறுகின்றன. இவை நுரையீரல்களிலிருந்து குருதியோட்டத்தினால் கொண்டுவரப்பெறும் உயிரியத்தைத் தாக்கி அஃதுடன் சேர்ந்து கரியமிலவாயுவாகவும் நீராகவும் மாறுகின்றன. இந்த இரண்டு பொருள்களும் கழிவுப் பொருள்களாக அகற்றப்பெறுகின்றன. இந்தக் கிரியையில் உடலிலுள்ள தசையும் நரம்பணுக்களும் ஆற்றலைப் பெற்று தம் வேலைகளைச் செய்துகொள்ளவும் உடலை வெப்பநிலையில் வைத்திருக்கவும் பயன்படுத்துகின்றன.

---

[37] இயக்கம்–action.

[38] ஆக்ஸிகரணம்–oxidation.

உணவுகளை அவை கொண்டுள்ள ஆற்றலின் அளவைக் கொண்டு மதிப்பிடுகின்றனர். கனலி என்ற சூட்டளவினைக் கொண்டு இது குறிக்கப்பெறுகின்றது. கனலி என்பது என்ன? ஒரு கிராம் நீரை, சூடளப்பானில்[39] ஒரு சுழி (டிக்ரி) அளவு சூடேற்ற எவ்வளவு சூடு வேண்டுமோ அந்த அளவு சூட்டினைக் கனலி என்று குறிப்பிடுவர் பௌதிக அறிஞர். நடுத்தர வேலை செய்யும் ஒரு மனிதர் சுகாதாரத்துடன் வாழ்வதற்கு நாளொன்றுக்கு 3000 கனலி சூடு தேவைப் படுகிறது. அரிசிச்சோறு, பருப்பு, கிழங்குகள், காய்கறிகள், பழங்கள், பால், சருக்கரை, நெய் போன்ற கலப்புணவினை நாளொன்றுக்கு இரண்டு அல்லது மூன்று இராத்தல் உண்டு 3000 கனலி சூட்டினைப் பெறலாம்.

வேதியல் ஆற்றல்: உணவு வகைகளிலும் எரியைகளி லும் சேமித்து வைக்கப் பெற்றிருக்கும் ஆற்றல் கடற்பஞ்சு நீரில் தோய்ந்திருப்பதுபோல் தோய்ந்திருப்பதில்லை. அந்த ஆற்றல் அப்பொருள்களின் இயல்பான பகுதிகளில் ஒன்ருய் விடுகின்றது; அது அவற்றின் அமைப்பிலேயே அமைந்து அப்பொருள்களாகவே ஆகிவிடுகின்றது. எனவே, அது அப்பொருள்களின் வேதியல் அமைப்பில் மிகச் சிறியதாக வுள்ள துணுக்குகளில் அமைந்து கிடக்கின்றது. இந்தத் துணுக்குகளைத்தான் நாம் அணுத்திரளைகள் என்று வழங்கு கின்ருேம். அவற்றைக் கண்ணினுல் பார்க்க முடியாது. ஏன்? மிகச் சிறந்த பெருக்காடிகளின் மூலமும் காண இயலாது. எல்லாப் பொருள்களுமே இத்தகைய சிறிய அணுத்திரளை களால் ஆனவை. அவற்றைச் சிதைக்கக்கூடிய எதுவும் அப்பொருளையே அழித்து எளிய பொருள்களாக உடைத்து விடுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, எரிதல் என்ற நிகழ்ச்சி புகையாகவும், சாம்பராகவும், கரியமில வாயுவாகவும், நீராக வும் மாற்றிவிடுகின்றது; உயிருள்ள பிராணிகளிடம் அதே கிரியை கரியமில வாயுவாகவும் நீராகவும் மாற்றிவிடுகின் றது. ஆற்றல் விடுவிக்கப் பெறுகின்றது என்ற மெய்ம்மையி லிருந்து ஆக்ஸிகரணத்தின் விளைபொருள்களிலிருக்கும்

[39] சூடளப்பான்-thermometer.

(கரியமிலவாயுவும் நீரும்) ஆற்றலின் அளவு அவற்றின் அசல் பொருள்களிலிருக்கும் ஆற்றலைவிடக் குறைவானது என்பதை அறிந்து கொள்ளுகின்றோம். இதையே இன்னொரு விதமாக மாற்றிக் கூறலாம். எரியக்கூடிய[40] பொருள்களும் உயிரியமும் தனித்தனியே கொண்டுள்ள ஆற்றல் அவை எரிதல் அல்லது ஆக்ஸிகரணம் என்ற வேதியல் எதிர்வினை என்ற நிகழ்ச்சியில் பங்கு கொண்ட பிறகு, அஃதாவது கரியமில வாயுவாகவும் நீராகவும் மாற்றம் அடைந்த பிறகு, கொண்டுள்ள ஆற்றலைவிட அதிகமாகவுள்ளது.

எரியும் பொருள்களின் அணுத்திரளைகளிலுள்ள அணுக்களை ஒன்று சேர்த்து வைக்கும் கொக்கிகளிடமிருந்தே இந்த ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது. உண்மையில் இந்தக் கொக்கிகள் என்பவை, கதிரவனைச் சுற்றிவரும் கோள்களைப் போலவே அணுக்களின் மேற்பரப்பிலுள்ள அயனப்பாதை[41]களில் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் எதிர் மின்னிகளே. எரிதலுக்கும் உயிர்வாழ்வதற்கும் தேவையான ஆற்றல் இந்த எதிர்மின்னிகளிடமிருந்தே கிடைக்கின்றன. ஓர் எடுத்துக் காட்டால் இதனை விளக்குவோம். கரி எரிகிறது; என்ன ஆகிறது? கரி என்ற அணுத்திரளைகள் பிரிந்து காற்றிலுள்ள உயிரியத் திரளைகளுடன் சேர்ந்து எரிந்து கரியமிலவாயு என்ற கரி-ஈர் உயிரியமாகின்றன. இம்மாற்றத்தை வேதியற் புலவர்கள்,

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

என்று எழுதிக் காட்டுவர். அம்பு போகும் வழிதான் மாற்றம் செல்லும் வழியாகும். கரியின் குறியீடு, C; உயிரியத்தின் குறியீடு, O. கரியணுத்திரளையில் ஒவ்வொரு கரியணுவே அணுத்திரளையாக இருப்பதுண்டு. உயிரிய அணுத்திரளையில் உயிரிய அணு இரட்டை இரட்டையாக இருக்கும். இதனை $C + O_2$ என்று குறிப்பிடலாம். இந்த

[40] எரியக்கூடிய - combustible.

[41] அயனப்பாதை, அயனவீதி - orbit

இரண்டும் என்ன ஆகின்றன என்பதனை இடையே அம்புக் குறியிட்டு $C+O_2 \rightarrow CO_2$ (கரியமிலவாயு) என்று எழுதிக் காட்டுவர். இடப்புறம் உள்ள இரண்டுவகை அணுத்திரளை கள் சேர்க்கைப்பொருளாகும்பொழுது ஒரேவித அணுத் திரளைகளாக மாறுகின்றன. அதனால்தான் அங்குச் சூடு பிறக்கின்றது. இந்தச் சூடு எங்கிருந்து வருகிறது? சட்டியி லிருப்பதுதானே அகப்பையில் வரும்? ஆதலின், இச் சூடு ஆற்றல் கரியில் முன்னரே நம் கண்ணிற்குப் புலப்படாமல் அமைந்து உறைந்து கிடந்திருக்க வேண்டும். எனவே, கரி என்பதனை (கரி + சூடு) என்று சொல்லவேண்டும். அப் பொழுதுதான் வேதிமாற்றத்தில்,

$$(C + \text{சூடு}) + O_2 \longrightarrow CO_2 + \text{சூடு}$$

என்று இரண்டு புறமும் ஒத்திருப்பதைக் காட்டலாம். கார்பன் அணுவின் வெளி அயன வீதியிலுள்ள எதிர்மின்னி கள், உயிரிய அணுவின் வெளி அயனவீதியிலுள்ள எதிர் மின்னிகளைத் தாக்கும்பொழுது இரண்டு அயனவீதிகளும் ஒன்று சேர்ந்து எளிய, நிலைத்த அயனவீதிகளை உண்டாக்கி விடுகின்றன. இவ்வீதிகள் சிதையாதிருப்பதற்குக் குறைந்த ஆற்றல்தான் தேவை. தேவையில்லாது, அதிகப்படியாக வுள்ள ஆற்றல், சேமிப்பிலிருந்து தப்பி வெளியேறி பயனுள்ள ஆற்றலாக, அஃதாவது வினையாற்றவல்ல சூடாக, வெளிப் படுகின்றது.

அணு ஆற்றல்: எரியைகளிலும் உணவு வகைகளிலு மிருந்து பெறும் ஆற்றல் அணுக்களின் திரட்சியிலிருந்து வெளிவந்ததாகும். உயிர்ப் பொருள்களின் அணுக்கோவை பல தொடர்களாக இருக்கிறது என்று கண்டோமல்லவா? ஒவ்வொரு தொடரிலும் அணுவோடு அணு பல கொக்கி களாக மாட்டிக்கொண்டு கிடப்பதுபோல் காணப் படுகின்றது. இந்தப் பிணைப்புக்கள் அறுபடுங்கால் ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது. அதனால்தான் உடல் சூடாகவும் இருக் கிறது; இயங்கியும் வருகின்றது. கட்டையிலும், கரியிலும் இதே நிலைதான். அவை எரிந்தால் சூடு, ஒளி, புகை,

சாம்பர்தான் உண்டாகின்றன. இங்கு நடைபெறுவது வேதிமாற்றம். இந்த மாற்றத்தில் அணுத்திரளைகள் அணு அணுவாக விடுபட்டு வேறு அணுத்திரளைகளாக மாறின. 'இல்லது வாராது; உள்ளது போகாது' என்பது வேதியல் உண்மை. அணுத்திரளைகள் திரளும்பொழுது உள்ளடங்கி யிருந்த ஆற்றல்தான் அவை சிதையும்பொழுது வெளியா யிற்று. அணுத்திரளைகள் திரளும்பொழுது இச்சூட்டைத் தாவரங்கள் கதிரவனிடமிருந்து பெற்ற ஒளியையும் சூட்டை யும் விழுங்கியதால் கிடைத்தது என்பதை மேலே கண் டோம். சரியான முறையில் சொன்னுல், வேதியல் மாற் றத்தால் விடுபடும் ஆற்றலைத்தான் அணுவாற்றல் என்று சொல்லவேண்டும்.

ஆனுல், இன்று அணுவாற்றல் என்று வழங்கப்பெறுவது எது? அவ்வாற்றல் புதியவகை எரியையிடமிருந்து வரு கிறது. அதுதான் அணு எரியை.[42] அந்த ஆற்றல் அணு வின் உள்ளிருந்து, அஃதாவது அதன் உட்கருவி[43] லிருந்து வெளிப்படுகிறது. அவ்வாற்றலை 'உட்கரு ஆற்றல்' என்று வழங்குவதுதான் பொருத்தம். முதலில் மக்கள் அதனை 'அணுவாற்றல்' என்று தவருக வழங்கிவிட்டனர்; அப் பெயரே வழக்கத்திலும் வந்துவிட்டது. இப்புதிய ஆற்றலை மெக்ஸிகோ பாலைவனத்தில் முதன் முதலாக வெளிப்படுத்தி அதன் அளவற்ற திறனை அறிந்தனர். 1945-ஆம் ஆண்டு ஜூலை 16-ம் நாள் இச்சோதனை நடைபெற்றது. பல டன் எடையுள்ளதும் ஆறரை படைசால்[44] குறுக்களவுள்ளதுமான ஒரு வட்ட வடிவமான எஃகுக் கோபுரத்தின்மீது அணு குண்டை வீழ்த்தி 'சர்வ சம்ஹார ஒத்திகை'யை நடத் தினர் அமெரிக்கர். விளைவு என்ன? எஃகுக் கோபுரம் பொடிப் பொடியாகப் போய் காற்றில் பறந்துவிட்டது. மணல் உருகி கண்ணுடியாக மாறிவிட்டது. அதே ஆண்டு ஆகஸ்டு 6-ஆம் நாள் ஹிரோஷீமாவிலும் அடுத்து மூன்று நாட்கள் கழித்து நாகஸாகியிலும் இந்த ஊழிக் கூத்து நடை

[42] அணு எரியை-atomic fuel
[43] உட்கரு-nucleus [44] படைசால்-furlong

பெற்றது. அந்நகரில் ஏற்பட்ட விளைவைப் பத்திரிகைகளில் கண்டோம். இவ்வுலகத்தின் 'தலை எழுத்து' அணுகுண்டில் அடங்கியிருக்கிறது என்பதை நாம் இப்பொழுது அறிகின்றோம். குறளின் சிறப்பைக் கூற வந்த ஔவையார், மாந்தர் உள்ளும் கருத்துக்கள் குறளில் அடங்கியிருக்கிறது என்பதை,

> அணுவைத் துளைத்துஏழ் கடலைப் புகட்டிக்
> குறுகத் தறித்த குறள்.

என்று கூறினார். அணுவைப் பொறுத்த மட்டில் இஃது உண்மையாகிவிட்டது. அணுக்கருக்கள் சிதைவினால் ஏழு கடலின் ஆற்றலும் வெளிப்பட்டுவிட்டது. ஓர் இராத்தல் அணுகுண்டின் ஆற்றல் ஐம்பது இலட்சம் இராத்தல் நிலக்கரியின் ஆற்றலுக்கும், முப்பது இலட்சம் காலன்[45] பெட்ரோல் எண்ணெயின் ஆற்றலுக்கும் சமம் என்று பேசுகிறார்கள். பதினைந்து இராத்தல் தூய்மையான அணுவாற்றல் பொருளைக்கொண்டு நான்கு கோடி இராத்தல் நிலக்கரியால் கிடைக்கும் ஆற்றலையெல்லாம் பெற்றுவிடலாம் என்று கணக்கிடுகிறார்கள். அணுக்கருவிலிருந்து வெளிப்படும் ஆற்றலை அடுத்து காண்போம்.

[45] காலன் - gallon.

4. கருவிலடங்கிய ஆற்றலும் தொடர்நிலை விளைவும்

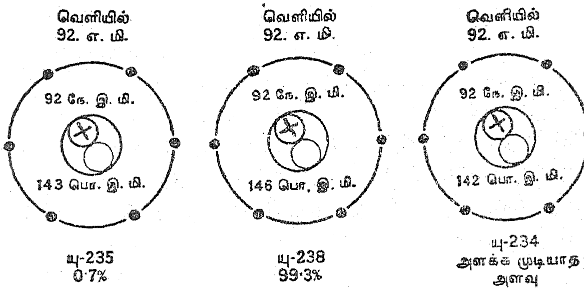
அணுவின் உட்கருவில்தான் அதன் ஆற்றல் முழுவதும் உறங்கிக் கிடக்கின்றது என்பதை மேலேகண்டோம். இவ்வாறு உறைந்து கிடந்த ஆற்றலை வெளிப்படுத்தித் தான் அணுகுண்டு ஆக்கப்பெற்றது. முதன் முதலில் யுரேனியம் என்ற பொருளைத்தான் அணுகுண்டில் பயன் படுத்தினர். யுரேனிய தாதுப் பொருளைச் சோதனை செய்த அறிவியலறிஞர்கள் யுரேனியம் – 234, யுரேனியம் – 235, யுரேனியம் - 238 என்ற மூன்று வகை ஓரிடத்தான்கள்[1] இருப்பதைக் கண்டனர் (படம்—7). யு-234 என்ற வகை யுரேனியம் மிகக் குறைந்த அளவே இருந்தது ; அதுவும் அளக்க முடியாத சிறிய அளவில் இருந்தது. எனவே, அணுவாற்றலை வெளிப்படுத்துவதில் அது சிறிதும் பயன்படுவதில்லை. யு-238 என்ற ஓரிடத்தான் 99·3 சதவீதம் இருந்தது; யு-235ன் அளவு 0·7 சதவீதம்தான். அஃதாவது, ஒவ்வொரு யு-235ன் அணுவிற்கும் யு-238ன் அணுக்கள் 140 இருந்தன.

யுரேனியப் பிளவு : யுரேனியத்தைப் பொது இயல் மின்னி கொண்டு தாக்கினால் என்ன ஆகிறது என்பதை அறிவியலறிஞர்கள் ஆய்ந்தனர். யு-238 என்ற யுரேனியம் தன்னைத் தாக்க வரும்பொழுது பொது இயல் மின்னிகளை வாரி விழுங்

[1] ஓரிடத்தான்கள் - isotopes.

கித் தன்னுள்ளே சிறைப்படுத்திக்கொண்டது. யு-235 அவ்வாறு செய்யாமல், தாக்குண்டு பக்குவிட்டு நின்றது. இதுவே அவர்கள் கண்ட புதுமை. 1938-ல் ஹான்[2] ஸ்ட்ராஸ்மென்[3] என்ற இரண்டு ஜெர்மானிய அறிவியலறி

யுரேனிய ஓரிடத்தான்கள்



படம் 7.

ஞர்கள் பெர்லின் நகரில் இச் சோதனையை நடத்தினர். பொது. இயல் மின்னிகளால் தாக்குண்ட யுரேனியம் சிறு பகுதியாகப் பிரிந்து வெளியேறுவதற்குப் பதிலாக ஏறக்குறையச் சமமான இரு கூறுகளாகப் பிரிந்துவிட்டது. இவ் விளைவின்பொழுது யுரேனிய அணுவில் சுமார் $\frac{1}{1000}$ மறைந்து ஆற்றலாக வெளிவந்தது. அந்த ஆற்றல் அதுகாறும் அறியப்பெற்ற உட்கருமாற்ற விளைவின்பொழுது தோன்றும் ஆற்றலைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாக இருந்தது.

அணுவைப் பிளப்பது எளிதான செயல் அன்று. ஏனெனில், உட்கருவைப் பிணைத்துக்கொண்டிருக்கும் அற்புத விசை அளவற்றது; நம்முடைய கற்பனைக்கும்

[2] ஹான் - Hahn. [3] ஸ்ட்ராஸ்மென் - Strassmann.

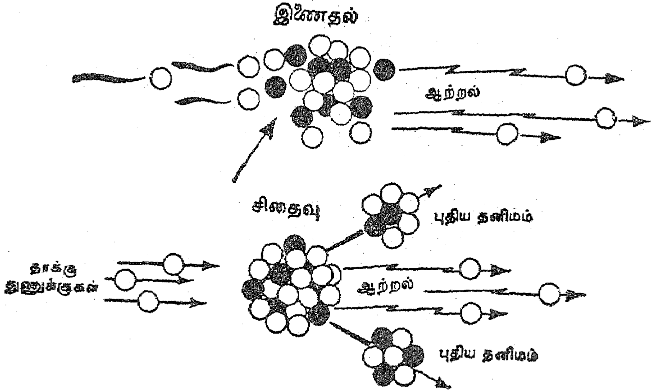
அப்பாற்பட்ட வலிவுடையது. இதைத் தவிர, கருவினைச் சுற்றிச் 'சக்கர வியூகங்கள்' போன்ற பாதுகாப்பு முறைகள் பல வட்டங்களில் அமைந்திருப்பதையும் மேலே கண்டோம். யுரேனிய அணுவில் இத்தகைய ஏழு மண்டலங்கள் அமைந்திருப்பதையும் பார்த்தோம்.* எனவே, யுரேனிய அணுவைப் பிளக்கவேண்டுமானால் இந்த ஏழு 'சக்கர வியூகங்களையும்' கடந்து சென்று உட்கருவினை அடைதல் வேண்டும். வயிரத்தை வயிரத்தைக்கொண்டு அறுப்பது போலவே, அணுவும் அணுவின் பகுதிகளாகவுள்ள நேர் இயல் மின்னிகள், பொது இயல் மின்னிகள், எதிர் மின்னிகள் போன்ற மின்னிகளையே எய்பொருள்களாக (அணு ரவைகளாக)க் கொண்டு பிளக்கப் பெறுகின்றது. கர்ணனிடமிருந்த அரவக் கணை வில்லில் வைத்துப் பெருவேகத்துடன் எய்யப் பெற்றதுபோலவே, இந்த அணு ரவைகளும் அணுச் சிதைக்கும் கருவிகளில் வைத்து அணு என்ற இலக்கை நோக்கி எய்யப் பெறுகின்றன. சில சமயம் அவை உட்கருவினுள் புகுந்து அங்குள்ள பொருள்களை நாலா பக்கங்களிலும் சிதறச் செய்துவிடுகின்றன.

ஓர் அணுவின் உட்கரு சில அணு ரவைகளை உட்கவர்ந்துக்கொண்டாலும், அல்லது அதிலிருந்து சில துணுக்குகள் வெளியேறினாலும் அந்த அணு பிளக்கப்பெற்று விட்டதாக அறிவியலறிஞர்கள் கூறுவர். உட்கருவினைப் பிணைத்துக்கொண்டுள்ள பெருவிசை தகர்க்கப்பெற்றுய் விட்டது. உட்கருவினுள் சில புதிய துணுக்குகள் சேர்ந்து விட்டன; அல்லது, அதிலிருந்து சில நேர் இயல் மின்னிகளும், பொதுஇயல் மின்னிகளும், ஆற்றலும் வெளிப்படுத்தப் பெற்றுவிட்டன. இந்த இடத்தில் ஒன்று கவனித்தற்குரியது. அணுத்துணுக்குகள் ஒன்றாகச் சேர்ந்தால் அந்த நிகழ்ச்சி 'இணைதல்'[4] எனப்படும். கதிரவனில் உள்ள அணுக்கள் தம்முள் இணைவதால் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. நீரிய அணு வெடிக்கும்பொழுது வெளிப்படும் ஆற்றலும் அணு

* பக்கம்—25.

[4] இணைதல் - fusion.

இணைதலினால் ஏற்படுவதே. அணுக்களின் உட்கருக்கள் பல பாகங்களாகப் பிரிந்தால் அது 'சிதைவு'[5] என்று வழங்கப் பெறும் (படம்—8). யுரேனியம், புளூட்டோனியம் ஆகிய வற்றைக்கொண்டு இயற்றப்பெறும் அணுகுண்டுகளில் அணுச் சிதைவினால்தான் ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது.



படம் 8. அணு-இணைதலும் சிதைவும்

தாக்கும் துணுக்குகளின் விசையினால் உட்கரு பிளந்து புதிய தனிமங்கள் உண்டாகின்றன.

சிறு அளவில் அணுக்களில் இணைதலையும் சிதைவையும் உண்டாக்கவல்ல எந்திரங்களை அணுச் சிதைவுக் கருவிகள்[6] என்று வழங்குவர். அணுவினைப்பற்றி மேலும் மேலும் பல செய்திகளை அறிந்துகொள்வதற்கு இக்கருவிகள் ஆராய்ச்சி யில் மேற்கொள்ளப் பெறுகின்றன. அவற்றில் பல வகைகள் உள்ளன. அவை, வான்-டி-கிராப் நிலை இயல் மின்னூக்கி,[7] சுழலினிகள்,[8] காஸ்மோ டிரான்கள்,[9] பீடாடிரான்கள்,[10]

[5] சிதைவு - fission. [6] அணுச்சிதைவுக் கருவிகள் - atom smashers. [7] வான்-டி-கிராப் நிலை இயல் மின்னூக்கி - Van-de-Graaff electro-static generater, [8] சுழலினிகள் - cyclo trons. [9] காஸ்மோடிரான்கள் - cosmotrons. [10] பீடா டிரான்கள் - betatrons.

பீவாடிரான்கள்[11] போன்ற நீண்ட பெயர்களைக் கொண்டுள்ளன. இவையாவும் அணுத்துணுக்குகளைத் துரிதப் படுத்தும் கருவிகள்[12]. இவற்றை அமைக்கக் கோடிக்கணக் கான ரூபாய்கள் செலவாகும்.

அணுவின் உள்ளமைப்பில் பெரும்பகுதி குடுக்கைபோல் வெற்றிடமாக இருந்தபோதிலும், ரவைகளாகச் செல்லும் மின்னிகளில் பல தம் இலக்குகளைத் தாக்கிப் பல அணுக் களின் உட்கருக்களுடன் இணைகின்றன; அல்லது அவற் றைச் சிதைக்கின்றன. அணுச்சிதைவுக் கருவிகளில் ஏற்படும் அணு வெடிப்புக்கள் ஒலியின்றியே நடைபெறும். ஓர் எச்சரிக்கை மணியோசை அல்லது ஒரு மோட்டாரின் 'விர்' என்ற சுழலோசை தவிர, வேறு ஒலியில்லாமல் எல்லா நிகழ்ச்சிகளும் நடைபெறுகின்றன. அணுரவைகளையோ, இலக்குகளினின்று சிதறிப் பறக்கும் அணுத்துணுக்கு களையோ கண்ணால் காண இயலாது. ஒரு வினாடியில் மிகச் சிறு கால அளவு மட்டிலும் நிலைத்திருக்கக் கூடிய கட்புலனாகாத துணுக்குகளை, கைகர்எண் - கருவிகளும் பிற கருவிகளும் எடை காண்கின்றன; அல்லது அவற்றின் வழிகளைப் படம் பிடிக்கின்றன. இவ்விவரங்களைப் பின்னர்க் காண்போம்.

தொடர்நிலை விளைவு[13]: யு - 235-ன் கருவினை ஒரு பொது இயல் மின்னி கொண்டு தாக்கினால், அது என்ன ஆகிறது? அது சிதையும். ஆற்றலும் வெளிப்படும். ஓர் உட்கரு சிதைவுற்றால் சுமார் 200 மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு (மி. எ. வோ) ஆற்றல் வெளிவரும். எவ்வளவு ஆற்றல் வெளிப்படும் என்பதைக் கண்டறிய ஐன்ஸ்டைன் கூறிய மந்திரம் பயன்படுகிறது. $E=mc^2$ என்பது அவர் கூறிய மந்திரம். இதில் E என்பது ஆற்றல்; m என்பது பொருண்மை; c என்பது ஒளியின் வேகம்; இது வினாடிக்கு

---

[11] பீவாடிரான்கள் - bevatrons. [12] அணுத்துணுக்கு களைத் துரிதப்படுத்தும் கருவிகள் – particle accelerators. [13] தொடர்நிலை விளைவு - chain reaction.

3×10^{10} சென்டிமீடர் அல்லது 98 கோடி அடி வீதம் செல்லும். இந்தச் சமன்பாட்டின்படி ஆற்றலைப் பெற ஒரு நிமிடத்தில் ஒருபிடி மண்ணை ஆற்றலாக மாற்றும் உலையை அமைக்க முடிந்தால் அதிலிருந்து சுமார் பதினுயிரம் கோடி குதிரைத் திறன்[14] அளவுள்ள ஆற்றலைப் பெறலாம். இது தற்சமயம் நம் நாட்டில் எல்லா வழியிலும் பெறப்படும் மொத்த மின்சார ஆற்றலின் அளவைக் காட்டிலும் பதினுயிரம் மடங்குக்குமேல் அதிகம். சிறிதளவே உள்ள பொருளிலிருந்தும் எவ்வளவு அதிகமான ஆற்றலைப் பெறலாம் என்பது இதிலிருந்து தெரியவரும் ஓர் உண்மை யாகும்.

ஓர் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு எவ்வளவு என்பது நமக்குத் தெரியும். அஃதாவது, ஓர் எதிர்மின்னி ஒரு வோல்ட்டு மின் அழுத்த வேற்றுமையில் செல்லுங்கால் பெறும் ஆற்றலின் அளவு. ஒரு மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு என்னும் ஆற்றல் எர்க்கில் (தமிழில் எறுழ்[15] என்று வழங்கு வோமாக) சுமார் ஆறு இலட்சத்தில் ஒரு பங்கு ஆகும். ஒரு குன்றிமணியை ஓர் அங்குலம் நிலைக்குத்தாகத் தூக்கினுல் சுமார் 400 எறுழ் செலவழியும். இதிலிருந்து எறுழ் என்பது எவ்வளவு சிறிய ஆற்றல் என்பதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். இந்த எறுழில் ஆறு இலட்சத்தில் ஒரு பகுதி தான் ஒரு மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு என்பது. இத்தகைய சின்னஞ்சிறு தனியனில் (அலகில்)[16] சுமார் 200 கொண்ட சிறிய ஆற்றலே ஓர் உட்கருப் பிளவால் வெளி வருகின்றது. ஆகையால் இது எவ்வளவு குறைவு எனத் தெளிவாகும். ஆனுல், கோடிக் கணக்கான அணுக்கள் ஒன்றன்பின் ஒன்ருக அநேகமாக ஒரே சமயத்தில் பிள வுற்ருல் அதிகமான ஆற்றல் வெளிப்பட முடியும்.

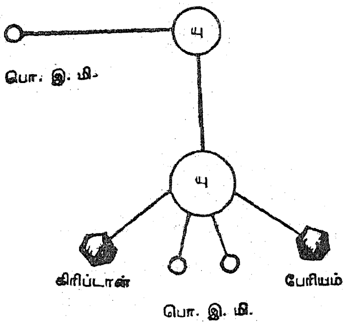
---

[14] குதிரைத் திறன் - horse power.

[15] எறுழ் - erg. எறுழ் என்பது ஒரு கிராமின் 980-ல் ஒரு பங்கினை (சராசரி ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கினை) ஒரு செ.மீ. உயரம் தூக்குவதற்கு வேண்டிய ஆற்றல். [16] தனியன்-unit.

ஐன்ஸ்டைன் கணக்குப்படி ஒரு கிராம் பொருண்மை யுள்ள யு-235-லிருந்து எவ்வளவு ஆற்றல் வெளிவருகிறது என்பதைக் காண்போம். மேற் குறிப்பிட்ட வாய்பாட்டின்[17] படி $E=(1\times3^{10})^{2} = 9\times10^{20}$ ஆகும். இதனைச் சூடாற்றல் கணக்கில் விளக்கினால் நன்கு தெளிவாகும். ஒரு கிராம் நீரைச் சூடளப்பானில் ஒரு சுழி[18] அளவு சூடேற்றத் தேவை யாகும் சூட்டினைக் கனலி[19] என்று குறிப்பிடுவர். 9×10^{20} என்று மேலே கண்ட ஆற்றல் இந்தக் கணக்கில் 2×10^{13} கனலியாகிறது. இதுவும் வெறும் எண்ணாகத்தானே காணப்படுகிறது என்று நினைக்கலாம். 2500 டன் நிலக் கரியை எரித்தால் எவ்வளவு சூடு வெளிப்படுமோ அந்த அளவு சூடு ஒரு கிராம் நிலக்கரியை அணுச் சிதைவு செய்தால் கிடைக்கும் என்று ஓரளவு இதனை விளக்கி வைக்கலாம்.

பொது இயல் மின்னி தாக்குதல்



படம் 9 அ.

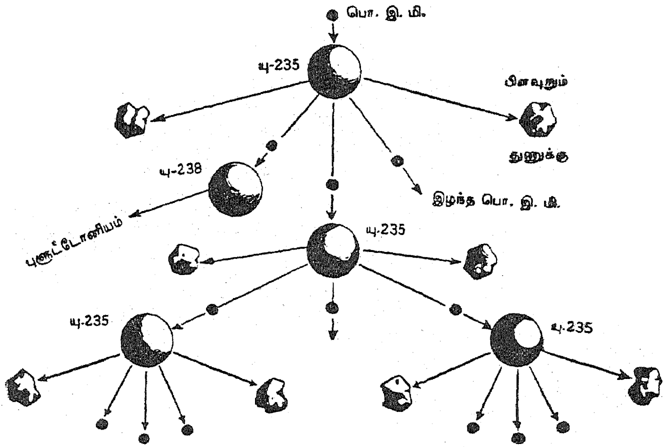
பொது இயல் மின்னியொன்று யுரேனிய உட்கருவைத் தாக்க வருகிறது. அது கரு வினுள் புதைந்து கருவினை நிலையற்றதாகச் செய்கிறது. கரு இரண்டாகப் பிரியத் தொடங்குகிறது.

பொது இயல் மின்னிகள் தாக்குவதனால் யுரேனியக் கரு சிதைந்து பொது இயல் மின்னிகளை வெளிப்படுத்தும் என்று மேலே கண்டோ மன்றோ? இவற்றின் வினைவு தான் வலிவான கதிரியக்கம். இவ் வினைவின் போக்கினைப் படத்திலிருந்து (படம் 9 அ.) அறிந்து கொள்ளலாம். மேலேயுள்ள யுரேனியக்கரு-வினைப் பொது இயல் மின்னி தாக்க வருகின்றது. அது அணுக் கருவினுள் புதைந்து அதனை நிலையற்றதாகச் செய்து விடுகிறது. ஒரு கிண்ணம்

[17] வாய்பாடு - formula. [18] சுழி - degree.
[19] கனலி - calorie.

நிறையவுள்ள கோலிகளின்மீது வெளியிலிருந்து ஒரு கோலி தாக்கினால் கிண்ணத்திலுள்ள கோலிகளில் அசைவு உண்டாகி ஒருசில வெளியேறுவது போன்ற நிகழ்ச்சிதான் இதுவும். யுரேனியக்கரு இரண்டாகப்பிரிந்து விடுகிறது; அக்கருவிலிருந்து மூன்று பொது இயல் மின்னிகள் வெளிப்படுகின்றன. அவை அருகிலுள்ள வேறு யுரேனிய அணுக்களைச் சிதைத்து அவற்றைப் பக்குவிடச் செய்யலாம் (படம்–9 ஆ).

பிளவுறும் தொடர்நிலை விளைவு

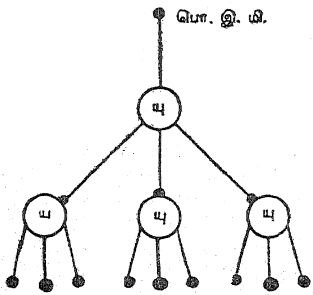


படம் 9 ஆ.

எனவே, ஒரு பொது இயல் மின்னியினால் துவக்கப்படும் இவ்விளைவு தொடர்ந்து நிகழ்ந்து கோடிக் கணக்கான யுரேனிய அணுக்களைப் பிளந்து ஏராளமான ஆற்றலை வெளிப்படுத்தலாம். தொடர்நிலை விளைவு நடைபெறுவதைப் படத்தில்

காண்க (படம் 10). முதல் தடவையில் மூன்று பொது இயல் மின்னிகள் வெளியாகி மூன்று யு-235 அணுக்களைத் தாக்கு கின்றன. இரண்டாவது தடவை அவை தாக்கும்பொழுது ஒன்பது பொது இயல் மின்னிகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. இவை ஒன்பது உட்கருக்களைத் தாக்கி இருபத்தேழு பொது இயல் மின்னிகளை வெளிப் படுத்தும். இவ்வாறு யு-235 அணுக்கள் உள்ளவரை பொது இயல் மின்னிகள் வெளியேறிக் கருவினைத் தாக்கிக்கொண்டே போகும். யு-235 ஐக் கொண்டு செய்யப்பெற்ற அணுகுண்டு தான் ஹிரோஷீமாவில் வெடித் தது.

தொடர்நிலை விளைவு



படம் 10.

தொடர்நிலை விளைவு ஒரு நகரில் வதந்தி பரவுவதை ஒத் திருக்கின்றது. அண்மையில் முதுகுளத்தூரில் நடைபெற்ற கலகத்தை நாம் அனைவரும் அறிவோம். முதுகுளத்தூர்ப் பகுதிகளில் வகுப்புக் கலவரம் நடைபெறப் போவதாக மதுரை மாநகரில் ஒரு அரசியல்வாதி ஒருவரிடம் கூறுவ தாக வைத்துக்கொள்வோம். அவர் அதை மூவரிடம் கூறுகிறார். அதை அவர்கள் உடனே ஒன்பது பேரிடம் கூறு கின்றனர். இவ்வகையில் வதந்தி பலரிடம் பரவி ஊரே அமர்க்களப்படும் நிலையினைக் காணலாம்; அண்மையில் இதனைக் கண்டோம். தாக்குதல் நிகழப் போவதாக முதுகுளத்தூர்ப் பகுதி மக்களிடம் வதந்தி பரவிப் பலரைச் 'சிம்ம சொப்பனம்' காணும்படி செய்துவிட்டதை நாம் அறிவோம். இதைப்போலவே, ஒரு பொது இயல் மின்னி யில் தொடங்கும் யுரேனியப் பிளவு எம்மருங்கும் பரவி மாபெரும் விளைவாக மாறுகின்றது. இந்த விளைவினால் கட்டுக் கடங்காத ஆற்றல் வெளிப்படுகின்றது.

இதை இன்னொரு எடுத்துக் காட்டாலும் விளக்கலாம். இராமாயணத்தில் 'மூலபல வதை' என்று கேள்விப் படுகின்றோம். அண்டங்களிலுள்ள அரக்கர்கள் அனைவரும் வந்து இலங்கையில் திரளுகின்றனர். படையின் பெருக்கத் தைக் கண்டு தேவர்களும் அஞ்சுகின்றனர். இராமன் அம்புமாரிகளைப் பெய்தும் அப்படை குறைவுபடாமல் இருக் கின்றது. உடனே 'காந்தர்வாஸ்திரம்' என்னும் படையை ஏவுகிறான் இராமன். அரக்கர்கள் மோக மடைகின்றனர். எம்மருங்கும் கணக்கில்லாத இராமர்கள் இருப்பதாக அவர்கள் கண்ணுக்குப்படுகின்றது. 'இராமன் ஒருவன்தான்' என்ற உணர்ச்சி மறைந்து விடுகின்றது. 'இங்கேயுளன், இங்குளன், இங்குளன்' என்று தம் அருகிலுள்ளவர்களை இராமன் என்று அரக்கர்கள் எண்ணி ஒருவரையொருவர் வெட்டி வீழ்த்திக்கொண்டு மடிகின்றனர். மூலபலம் ஒரு நொடிப்பொழுதில் அழிந்துபடுகின்றது. இராமன் எய்த ஒரு தனி அம்பு மூலபலம் என்னும் பெரும்படையை அழித்த தற்குக் காரணமாக இருந்ததுபோல, ஒரு யுரேனியக் கருவி னின்றும் வெளிப்பட்ட ஒரு பொது இயல் மின்னி பல்லாயிரங் கோடி யுரேனிய அணுக்கள் சிதைந்து அழியக் காரணமாக இருக்கின்றது.

இந்தத் தொடர்நிலை விளைவு கொள்கையளவில் சாத்தியப்படலாம். நடைமுறையில் இவ்விளைவு நிகழ்வதில் பல தொல்லைகள் உள்ளன. ஒரு யுரேனியப் பிளவால் வெளிவரும் பொது இயல் மின்னி மற்றொரு அணுக்கருவைத் தாக்குவதென்பது மிகவும் அரிய செயல். காரணம், யுரேனியத்தை யொத்த கனமான பொருளிலும் அணுக்க ளிடையேயுள்ள தொலைவு மிகவும் அதிகமாகவே இருக் கின்றது. மகிமாச்சித்தர் ஒருவர் யுரேனியக் கருவை மாம்பழம் அளவுக்கு பெருக்கமடையச் செய்கிறார் என்று கொள்வோம். அப்பொழுது இரண்டு உட்கருக்களிடையே யுள்ள தூரம் சுமார் ஐந்து மைல் இருக்கும். ஐந்து மைல் களுக்கு ஒன்றாகவுள்ள மாம்பழங்களின் இடையே ஒருவிதக் குறியுமின்றி நாம் ஒரு கல்லை விட்டெறிந்தால் அக்கல் மாம் பழங்களில் ஒன்றைத் தாக்க எவ்வளவு வாய்ப்பினைப் பெற்

றுள்ளது என்பதைக் கூறவாவேண்டும்? அக்கல் பெற்றுள்ள குறைவான வாய்ப்பினைத்தான் யுரேனியக் கருக்களி னிடையே வீசப்பெறும் எதிர்மின்னியும் பெற்றிருக்கும். எனவே, யுரேனியப் பிளவின்பொழுது வெளிப்படும் பொது இயல் மின்னிகளில் மிகச் சிறுபகுதியே கருக்களைத் தாக்கித் தொடர்நிலை வினையில் பங்குகொள்ளும். யுரேனியத்தின் அளவு அதிகமானால் தாக்கப்பெறும் கருக்களின் எண்ணிக் கையும் ஓரளவு அதிகமாகும்.

இத் தொடர்நிலை வினைவு நிகழ்வதில் இன்னொரு தடை யும் உள்ளது. இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தில் இவ் வினைவு நிகழாது. இயற்கை யுரேனியம் இரண்டு ஓரிடத்தான் களின் கலப்பாகும். முதல்வகை, அஃதாவது யு-238 தான் அதிகமாக உள்ளது (99.7%). இரண்டாவது வகையாகிய யு-235, 0·7% தான் உள்ளது; அஃதாவது 140-ல் ஒரு பங்கு உள்ளது. அதிகமாகவுள்ள யு-238ல் பிளவு[20] நிகழ்வ தில்லை. இதனாலும், பொது இயல் மின்னிகள் பிளவு நிகழ்த் தும் வாய்ப்புக் குறைகின்றது. மேலும், யுரேனியத்துடன் வேறு பொருள்கள் அசுத்தங்களாகக் கலந்திருந்தாலும் அவற்றை அடையும் பொது இயல் மின்னிகளும் பிளவினை நிகழ்த்தாது. எனவே, தொடர்நிலை இயக்கம் நடைபெறுவ தற்குத் தூய்மையான யு-235-ஐத் தான் பயன்படுத்த வேண்டும். இயற்கை யுரேனியத்தினின்றும் இதனைப் பிரிப் பது அருமையினும் அருமை. பெருஞ் செலவில் இது நடை பெற வேண்டும்.

இத்தொடர்நிலை வினையில் இன்னொரு சிறப்பும் உண்டு. மெதுவாகச் செல்லும் பொது இயல் மின்னிகளே அணுப் பிளவில் அதிகமாக ஈடுபடுகின்றன. எனவே, விரைவான பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தை ஏதாவதொரு வகை யில் கட்டுப்படுத்தி விட்டால், அவையும் அணுப்பிளவில் தொடர்ந்து ஈடுபடக்கூடும். கரி, போரன் முதலியன இலே சான பொருள்களிலும் நீரின் அண்ணனான கனநீரும், பென்சில்கரியும்[21] பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தைத்

[20] பிளவு, பக்குவிடுதல்-fission. [21] பென்சில்கரி-graphite.

தணிக்கப் பயன்படுகின்றன. இப்பொருள்கள் ' தணிப்பான்கள் '[22] என வழங்கப் பெறுகின்றன.

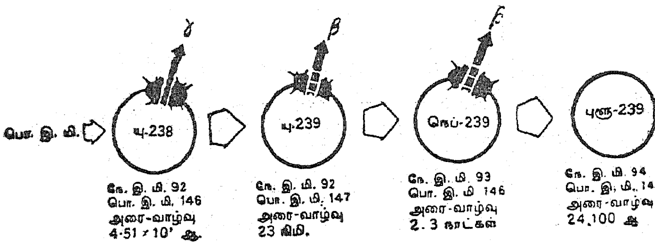
செயற்கைத் தனிமங்கள்: யு-235 ஐத் தவிர வேறு தனிமங்கள் பக்கு விடுதலில் பங்கு பெருவிட்டால், அணுவாற்றல் தொழில் அபிவிருத்தி அடைவதற்கே வழி இராது. யு-235ன் பிளவில் மட்டிலும் அணு ஆற்றல் மிகக் குறைவாகவும் போகும்; விலையும் அதிகமாக இருக்கும். ஆனால், போர்க்காலத்தில் நடைபெற்ற ஆராய்ச்சிகளினால் யு-235 ஐக் கொண்டு பக்குவிடும் பண்பினைக் கொண்ட, இயற்கையில் கிடைக்காத புதிய வகை யுரேனிய அணுக்களை உண்டாக்கலாம் என்று கண்டனர். ஒரு காலத்தில் புதிய தனிமங்களைப் படைத்தல் சாத்தியப்படாது என்று கருதியிருந்த எண்ணம் இன்று அணுவியலிலும் பொறியியலிலும் நடைமுறைச் செயலாகி விட்டது. இன்று புதிய தனிமங்கள் எண்ணிக்கையில் அதிகமாகவும், நூற்றுக்கணக்கான புதிய ஓரிடத்தான்களின் வகைகளும் தொடர்நிலை விளைவின் பயனாகச் செயற்கை முறையில் உண்டாக்கப்பெறுகின்றன. அவைகளில் புளூட்டோனியம் என்ற புதிய தனிமமும், யு-233 என்ற யுரேனியத்தின் புதிய ஓரிடத்தானும் பக்குவிடும் பண்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. அவை இரண்டும் முக்கியமான அணு எரிபொருள்களாக உள்ளன.

மேலே குறிப்பிட்ட இரண்டு புதிய பொருள்களையும் ஆக்கிப் படைப்பது அவ்வளவு எளிதன்று. அது தானாகக் கிளர்ந்தெழும் யு-235-ன் அணுப்பிளவினால் நடைபெற வேண்டும்; அதுவும் ஓர் அணு உலையில்[23] நடைபெறுதல் வேண்டும். அணுவின் உட்கரு சிதையும்பொழுது அதினின்று உயர்ந்த வேகத்தில் பல பொது இயல் மின்னிகள் விடுவிக்கப் பெறுகின்றன. இந்தப் பொது இயல் மின்னிகள்தாம் அணுவின் உட்கரு சிதைந்தழிதலில் தீவிரமாகப் பங்கு கொள்பவை. அவற்றுள் ஒன்று அல்லது பல மின்னிகள் அருகிலுள்ள யு-235ன் உட்கருக்களைத்

[22] தணிப்பான்-moderator. [23] அணுஉலை-reactor

தாக்கி தொடர்நிலை விளைவினை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால், பொது இயல் மின்னிகளில் ஒன்று யு–238ன் உட்கருவினைத் தக்க வேகத்துடன் தாக்கும்பொழுது அவ்வுட்கரு பிள வுருது வேறுபட்ட ஒரு கிரியை நடைபெறுகின்றது. அந்தப் பொது இயல் மின்னி காமா – கதிர்களை விடுவித்துவிட்டு அவ்வுட்கருவினுள் புதைந்துகொள்கிறது. பொது இயல் மின்னியின் எடை 1. இதனால் உட்கருவின் எடை மட்டிலும் மிகுதியாகிறது; அதன் மின்னூட்டம் மாறவில்லை (படம் 11). இந்த யுரேனியத்தின் மின்னூட்டம் 92; எடை 239. இது ஒரு புதிய யுரேனிய ஓரிடத்தான். இது

புளுட்டோனியம்-239 உற்பத்தி



படம்—11

யுரேனியத்திலிருந்து பல படிகளில் புளுட்டோனியம் உண்டாதலைப் படம் விளக்குகிறது.

நிலைத்திருக்கும் பொருள் அன்று. இதன் அரை–வாழ்வு 23½ நிமிடந்தான். ஒரு நாழிகையானதும் அதன் அற்ப ஆயுளும் முடிந்து வேறொரு பிறவியை எடுக்கின்றது. இதன் வயிற்றினின்று ஓர் எதிர் மின்னியாம் வீரன் பெரு வேகத்தில் குதித்தோடுகிறான். அப்பொழுது காமா – கதிர்களும் வீசுகின்றன. இவ்வீரனின் எடையோ மிகச் சிறியது. எனவே, தாயின் எடை குறையவில்லை. தாயின் உட்கருவில் பொது இயல் மின்னியில் ஒடுங்கிக் கிடந்த இவ்வீரன் அங்கிருந்து ஓடுகிறான். பொது இயல்

மின்னி நேர் இயல் மின்னியாக மாறுகின்றது. எனவே, 147 பொது இயல் மின்னிகள் 146 பொது இயல் மின்னிகளாகக் குறைகின்றன. புதிதாக உண்டான நேர் இயல் மின்னி முன்னிருந்த 92 நேர் இயல் மின்னிகளுடன் சேரும்; இப்பொழுது மொத்தம் 93 நேர் இயல் மின்னிகளாகின்றன. இதனால் நேர் மின்னூட்டம் 93 ஆகிறது. நேர் மின்னூட்டம் மாறினால் அணுவே மாறும்; இப்பொழுது ஒரு புதிய தனிமம் உண்டாகிறது. இதனை நெப்டூனியம் என்று பெயரிட்டு வழங்கினர் அறிவியலறிஞர்கள். இப் பொருள் கதிரியக்கம் வாய்ந்தது. இதுவும் உலகினை விரும்பவில்லை. இரண்டு நாட்களில் இப் புதுப் பொருளினின்றும் ஓர் எதிர் மின்னி குதித்து ஓடுகிறது; காமா - கதிர்களும் வெளிப்படுகின்றன. மேலே கூறியவாறு பொது இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையில் ஒன்று குறைய, நேர் மின்னூட்டம் ஒன்று உயர்ந்து புளூட்டோனியம் என்ற பெயருடன் ஒரு புதிய அணு அவதரிக்கின்றது. இது நிலைத்த தன்மையுடையது; சிறிது கதிரியக்கம் வாய்ந்தது. இதன் அரை-வாழ்வு 24000 ஆண்டுகள் என்று கணக்கிட்டுள்ளனர். பின்வரும் சமன்பாடுகளால் மேலே கூறிய கிரியைகளை ஒருவாறு விளக்கலாம் :

$$_{92}U^{238} + {_0}n^1 \longrightarrow {_{92}}U^{239}$$

(23½ நிமிடம் கழித்து)

$$_0n^1 \longrightarrow (_{+1})p^1 + (_{-1})e^0 \text{ —— (i)}$$

$$_{92}U^{239} \longrightarrow {_{93}}Np^{239} + (_{-1})e^0 \text{ —— (ii)}$$

(இரண்டு நாட்கள் கழித்து)

$$_0n^1 \longrightarrow (_{+1})p^1 + (_{-1})e^0 \text{ —— (i)}$$

$$_{93}Np^{239} \longrightarrow {_{94}}Pu^{239} + (_{-1})e^0 \text{ —— (ii)}$$

இவற்றில் U-யுரேனியம்; n-பொது இயல் மின்னி; p-நேரியல் மின்னி; e-எதிர் மின்னி; Np-நெப்டூனியம்; Pu-

புளூட்டோனியம். இவற்றின் இடப்புறத்தின் கீழ் எழுதப் பெறும் எண் அவற்றின் அணு-எண்; இது மின்னூட்டத் தைக் குறிக்கும். இவற்றின் வலப்புறத்தின் மேல் எழுதப் பெறும் எண் அவற்றின் அணு-எடையைக் குறிக்கும்.

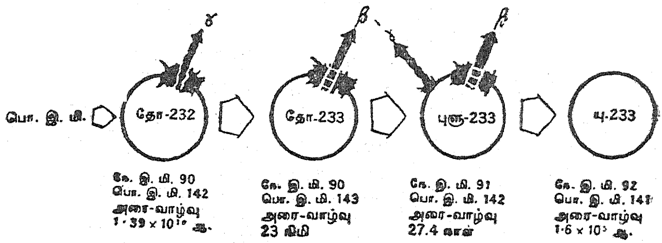
இவ்வாறு உண்டான புளூட்டோனியம் யு-238ஐப்போல் பொது இயல் மின்னியைச் சிறை செய்வதில்லை. எனவே, இதன் கருவை ஒரு பொது இயல் மின்னி கொண்டு தாக்கி னால், அது சிதைந்து பல பொது இயல் மின்னிகளை வெளி யேற்றுகின்றது. இவ்வாறு வெளியேறும் பொது இயல் மின்னிகள் தொடர்நிலை இயக்கத்தை விரைவில் உண்டாக் கும். யு-238 லிருந்து யு-235 ஐப் பிரிப்பது அருமை எனக் கண்டோம். ஆனால், யு-238 ல் பல்கிக் கிடைக்கின்ற புளூட் டோனியத்தை எளிதில் படைத்துவிடலாம். இவ்வாறு படைத்த புளூட்டோனியத்தையே புதிய அணுகுண்டில் புகுத்தி நாகஸாகி என்ற நகரத்தின்மீது வீசி எறிந்து அந்தப் பாழினை விளைவித்தனர். மேலே குறிப்பிட்ட கிரியை மிகவும் சிக்கலானது ; தானாக நடைபெறக்கூடியது. யு-235 லிருந்து வெளிவரும் பொது இயல் மின்னிகள் யு-238 லிருந்து புளூட்டோனியத்தை உற்பத்திசெய்தன. இவ்வாறு உற்பத்தி யாகும் புளூட்டோனியம் அணு உலையில் திரளுகின்றது. இந்தப் புளூட்டோனியம் எளிதில் பக்குவிடக் கூடியது. எனவே, யு-235 ஐப் போலவே இதுவும் பேரளவில் பயன் படும் அணு எரியையாகின்றது.

இவ்வாறே யு-235 லிருந்து வெளிப்படும் பொது இயல் மின்னிகளைக் கொண்டு இயற்கையில் கிடைக்கும் தோரி யம்[24] என்ற தனிமத்தை யு-233 ஆக மாற்றலாம். யு-233 பக்குவிடும் தன்மையது (படம்-12). தமிழ் நாட்டின் எல்லை யான குமரிக் கடற்கரையில் காணப்பெறும் மோனசைட்[25] என்னும் ஒருவகை மணலில் கதிரியக்கப் பண்பு கொண்ட தோரியம் என்ற தனிமம் உள்ளது. இது பலவகைகளிலும் யுரேனியத்தை யொத்தது. தோரியத்தை யுரேனியத்திற்குப் பதிலாக உபயோகிக்கலாம் என்று அறிந்தவுடன் இந்த மண

[24] தோரியம் - thorium. [25] மோனசைட் - monazite.

லின் ஏற்றுமதி இப்பொழுது கட்டுப்படுத்தப் பெற்றுள்ளது. மெல்லச் செல்லும் பொது இயல் மின்னிகளால் தோரியத்தைத் தாக்கினால் அது கதிரியக்கப் பண்பு கொண்ட ஒரு

யுரேனியம்-233 உற்பத்தி



படம் 12

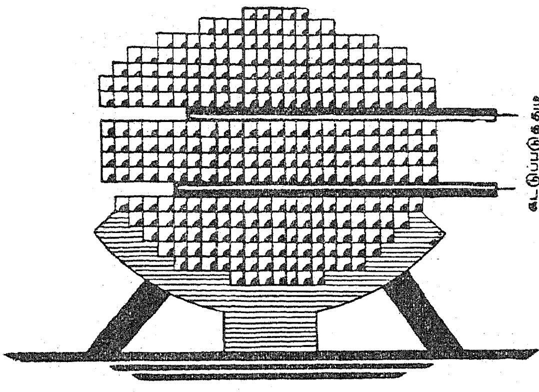
தோரியத்திலிருந்து பல படிகளில் யுரேனியம் உண்டாதலைப் படம் விளக்குகிறது

தோரிய ஓரிடத்தானாக மாறுகின்றது. அதிலிருந்து இரண்டு எதிர்மின்னிகள் வெளியேறி யு-233 என்ற பக்குவிடும் பண்பு கொண்ட யுரேனிய ஓரிடத்தானாக மாறுகின்றது. ஆனால், இதனைப் பயன்படுத்தும் முறை இன்னும் மேற்கொள்ளப் பெறவில்லை.

அணுப்பிளவு என்ற காவியத்தில் யு-235 தான் காவியத் தலைவனாகத் திகழ்கின்றது. அது வெளிவிடும் சில பொது இயல் மின்னிகளில் ஒன்றுதான் தொடர்நிலை விளைவினை உண்டாக்கி ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யத் துணை செய்கிறது. ஏனையவற்றை யு-238 லிருந்து புளுட்டோனியத்தை உற்பத்தி செய்வதில் பங்குபெறச் செய்யலாம். எனவே, ஓர் அணு உலையைச் செயற்படச் செய்து, அதிலிருந்து நாம் உபயோகிக்கும் யு-235 ஐ விட அதிகமான புளுட்டோனியத்தை உற்பத்தி செய்யலாம் என்பது சாத்தியப்படக்கூடிய செயலாகின்றது. அஃதாவது, அவ்வுலை தான் பயன்படுத்தும் எரியையைவிட அதிகமான எரியையை உற்பத்தி செய்து

விடுகிறது. இதனால், 0·7 சத வீதம் கிடைக்கும் யு-235 ஐத் தவிர, உலகில் கிடைக்கும் யுரேனியம் முழுவதும் அணு எரியையாகப் பயன்படலாம் என்பது தெளிவாகின்றது. இதனால் எதிர்காலத்தில் தொழில் வளர்ச்சி பல்லாற்றானும் சிறக்கும் என்பதற்கு ஐயமில்லை.

அணு அடுக்கு[26] : தகுந்த கட்டுப்பாட்டுடன் உட்கருப் பிளவை நிகழ்த்தவல்ல சாதனம்தான் அணு அடுக்கு என்பது. அடுக்கில் பக்குவிடும் தன்மையுள்ள யு-235ம் விரைந்து வெளியேறும் பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தைத் தணித்து உட்கருக்களைப் பிளக்க உதவும் தணிப்பானும் இருக்கும். ஒரு பெரிய பென்சில் கரிக் கோளத்தில்



அணு அடுக்கு

படம் 13

பல கால்வாய்களும் தொளைகளும் இருக்கும். (படம்-13). அலுமினிய உறைகளுக்குள் பிளவுறும் பொருளை வைத்து இத்தொளைகளுக்குள் செருகிவிடுவார்கள். அடுக்கில் நிகழும் கருப்பிளவின் விளைவு வரம்பு கடந்து போகாது

[26] அணு அடுக்கு - atomic pile.

கட்டுப்படுத்த ஆங்காங்குக் காட்மியம்[27] கோல்களும் செருகப்பெறும். காட்மியம் பொது இயல் மின்னிகளை உட்கவரும் தன்மையது. ஆகையால், இக்கோல்களை உள்ளே தள்ளியும் வெளியே இழுத்தும் பிளவை நிகழ்த்தும் பொது இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையைக் கட்டுப்படுத்தி விளைவு தேவையான வீதத்தில் நிகழுமாறு செய்யலாம். விளைவின் பொழுது ஏராளமான வெப்பம் தோன்றும். இதை அகற்ற அலுமினிய உறைகளுக்குள் குளிர்ந்த நீரைச் செலுத்தி அது அடுக்கைச் சுற்றிவருமாறு செய்வார்கள். இவ்வாறு கட்டுப்பாட்டுடன் இயங்கும் அணு அடுக்கு அணுப்பிளவினால் தோன்றும் ஆற்றலைப் பயனுள்ள வடிவில் மாற்றவோ, கதிரியக்கமுள்ள ஓரிடத்தான்களை உற்பத்தி செய்யவோ, உட்கரு வினைகளைத் தூண்டவோ பயன்படும். இதனால் விளையும் ஆற்றலைக்கொண்டு யு-238ஐ புளூட்டோனியமாக மாற்றலாம். இந்தப் புளூட்டோனியம் வேதியல் முறைகளில் பிரித்தெடுக்கப்பெறுகின்றது.

புளூட்டோனியத்தைத் தயாரிக்கும் அடுக்குகளில் இயற்கை யுரேனியம் பயன்படுகின்றது. வலிவான நேர் இயல் மின்னிகள் பெரிலியம்[28] போன்ற ஒரு தனிமத்தைத் தாக்கினால் பொது இயல் மின்னிகள் வெளிவருகின்றன. இவை அடுக்கிலுள்ள யுரேனியத்தைத் தாக்குமாறு செய்யப்படும். யுரேனியம் பிளவுற்று விரைவான பொது இயல் மின்னிகள் தோன்றுகின்றன. தணிப்பான் அவற்றின் விசையைக் குறைக்கின்றது. யுரேனியக் கோல்களின் அமைப்பும் தணிப்பானின் அளவும் மிகத் திருத்தமாக முன்கூட்டியே கணக்கிடப்பெறுகின்றன. பொது இயல் மின்னிகளில் பெரும்பான்மையானவை யு-238ல் பதிந்து தொடர்நிலை விளைவு தடைபடாதிருக்கவும், அவை அதிகமாகப் பிளவில் ஈடுபட்டுக் கட்டுக்கடங்காத விளைவு உண்டாகாதிருக்கவும் பொது இயல் மின்னிகள் சீரானவிகிதத்தில் தோன்றி மறையுமாறு செய்யவேண்டியது இன்றியமையாததாகின்றது.

---

[27] காட்மியம் - cadmium.

[28] பெரிலியம் - beryllium.

அடுக்கு செயற்படத் தொடங்கியபின் அதை நெருங்க முடியாது. ஏனெனில், அதிலிருந்து வெளியாகும் கதிரியக்கக் கதிர்களும் பொது இயல் மின்னிகளும் கொல்லும் தன்மை வாய்ந்தவை. எனவே, தடித்த காரீயச் சுவர்களும் பல அடிகள் பருமனுள்ள (காங்கிரீட்டு) கப்பிச் சுவர்களும்[29] அடுக்கிற்குக் காப்புறைகளாக அமைகின்றன. அடுக்கில் நிகழும் விளைவினைக் கட்டுப்படுத்துவதும், புளூட்டோனியம் தயாரானதும் அதை வெளியே எடுப்பதும், மீண்டும் யுரேனியத்தை அடுக்கில் இடுவதும் பொறிகளாலேயே செய்யப் பெறுகின்றன.

அடுக்கிலுள்ள யுரேனியம் பிளவுறுங்கால் ஏராளமான ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது என்றும், அவ்வெப்பம் குளிர் நீரினால் தணிக்கப்பெறுகிறது என்றும் மேலே கண்டோம். அமெரிக்காவில் ஹான்போர்டு[30] என்னுமிடத்தில் அமைக்கப் பெற்றுள்ள யுரேனிய அடுக்கைக் குளிர்விக்க அண்மையிலிருந்த கொலம்பியா என்னும் ஆற்று நீர் பயன்பட்டது. இதற்கு ஒரு நாளைக்குத் தேவையாகும் நீர் சென்னைமா நகரில் நாளொன்றுக்குச் செலவாகும் நீருக்குச் சமமாகும் என்று சொல்லலாம். வெப்பத்தின் அளவுதான் எவ்வளவு என்று தெரிகிறதா? இவ்வாறு ஒரு நாளில் ஆற்று நீரில் கரைந்து வீணாகும் வெப்ப ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றினால், அவ்வாற்றல் நம் வீட்டில் ஏழாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு விளக்கெரிக்கப் போதுமானது! அடுக்கில் பல பகுதிகளில் பாய்ந்து வெளிவரும் நீர் கதிரியக்கத் தன்மை வாய்ந்தது. அதை அப்படியே ஆற்று நீரில் கலந்தால், அந் நீரை உபயோகிப்போர் தீங்கடைவர். ஆகவே, அந்நீரைப் பெரிய குளங்களில் தேக்கி வைத்திருந்து, அது கதிரியக்கத்தை இழந்த பிறகு, ஆற்றில் கலக்கச் செய்கின்றனர்.

அணுவாற்றலின் மர்மம்: அணுத்திரளை சிதையும் பொழுது கரி எரிந்துவருவதற்கும் அணுவே சிதைந்து ஆற்றலாகப் பிறப்பதற்கும் உள்ள வேற்றுமையைத் தெளி

[29] காங்கிரீட்டுச் சுவர்கள்—concrete walls

[30] ஹான்போர்டு—Hanford

வாக அறிந்துகொண்டால்தான் அணுகுண்டின் அரக்க ஆற்றலின் மர்மத்தை அறிந்துகொள்ள முடியும். ஒரு கிராம் எடையுள்ள கரியில் கிடைக்கும் அணுத்திரளேகள் சிதைந்து எரிந்தால் எட்டாயிரம் கனலி சூடு எழும். இரண்டு கிராம் நேர் இயல் மின்னியும் இரண்டு கிராம் பொது இயல் மின்னி யும் சேர்ந்து நான்கு கிராம் பரிதியமாக அமையும்பொழுது பொருண்மை முன்னிருந்ததினும் குறைந்து விளங்குகிறது என்பது நமக்குத் தெரியும். இங்குக் குறையும் பொருண்மை தான் ஆற்றலாக மாறுகிறது. 0·032 என்ற அணு எடை 64,000 கோடி கனலியாகும்; அஃதாவது, ஒரு கிராமுக்கு 16,000 கோடி கனலியாகும். எனவே, அணுத்திரளேயின் சிதைவினுல் கரி எரியும்பொழுது ஏற்படும் ஆற்றலேவிட அணுவே சிதையும்பொழுது உண்டாகும் ஆற்றல் 2 கோடி மடங்கு மிகுதியாகும் என்பது தெரிகிறது. இந்த வேற்று மைக்குக் காரணம் என்ன?

கரியைப்போன்ற ஒரு பொருள் காற்றில் எரியும்பொழுது அதன் அணுக்களும் காற்றிலுள்ள உயிரிய அணுக்களும் ஒன்று சேர்கின்றன. அப்பொழுது புதுப் பொருள் ஒன்று தோன்றுகிறது; இவ்விளேவில் வெப்பமாகவோ, ஒளி யாகவோ ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இந்த வேதியல் கிரியையில் அணுக்களின் புறத்தமைப்பிலுள்ள மின்னி களில் மட்டிலும் மாற்றம் நிகழ்கிறதேயன்றி, அவற்றின் உட் கருக்களில் யாதொரு மாற்றமும் நேரிடுவதில்லே. இதனுல் வெளிவரும் ஆற்றலும் அவ்வளவு அதிகமாக இருப்பதில்லே. இவ்வாறு ஒரு பொருள் சீராக எரியும் பொழுது ஆற்றல் சிறிது சிறிதாக வெளிவருகிறது; அதனுல் அவ்வாற்றலே நமக்கு வேண்டியவாறு பயன்படுத்திக் கொள்ள முடிகிறது. இதே விளேவு வெடிமருந்தைப் போன்ற ஒரு பொருளில் நிகழுங்கால், வெடிமருந்து இமைப்பொழு தில் உயிரியத்துடன் சேர்ந்து ஒரே சமயத்தில் பேராற்றலே வெளிவிடுகிறது; ஆற்றலும் சேதம் விளேவிக்கும் திறமை யைப் பெறுகின்றது. ஆனுல், அணுக்குண்டு வெடிக்கும் பொழுது நேரிடும் விளேவு வேறு வகையானது. இதில்

அணுவின் உட்கருக்களில் மாற்றம் உண்டாகிறது. இம்மாற்றம்முதலாவதைவிட அடிப்படையானது. இதனால்கனவிலும் கருதமுடியாத ஆற்றலை நொடிப்பொழுதில் வெளிவிடுகிறது. ஒரு இராத்தல் யுரேனியத்தைப் பிளப்பதால் வெளியாகும் ஆற்றல் வலிமை பொருந்திய டி. என். டி. என்னும் வெடி மருந்தில் 10,000 டன்கள் வெடிப்பதற்குச் சமமாக உள்ளது என்று கணக்கிட்டுக் கூறுகின்றனர் அறிவியலறிஞர்கள்.

மறலிக் கதிர்கள் : அணுச் சிதைவிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள் உயிருக்கே உலை வைக்கக்கூடிய மறலிக்கதிர்களாகும். இக்கதிர்களை ஜே. ஜே. தாம்சன்[31] என்பார் ஆல்பா–கதிர்கள் என்றும், பீட்டா–கதிர்கள் என்றும், காமா–கதிர்கள் என்றும் பாகுபடுத்திக் காட்டியுள்ளார். இக்கதிர்களின் தன்மைகளைப்பற்றிய முழு விவரங்களையும் பின்னர்க் காண்போம்.

அணுவாற்றல் தொழிலகங்களில் வேலை செய்வோரும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்திப் பணியாற்றுவோரும் கதிர்வீசலினால் தீங்குருதபடி பாதுகாக்கும் முறைகளும் தோன்றியுள்ளன. உடல்நல பௌதிகம்[32] என்ற புதிய துறை இதற்காகவே தோன்றியுள்ளது. இத்துறையில் பணியாற்றும் உடல்நல பௌதிக அறிஞர் தக்க பாதுகாப்புடன் பணியாற்ற ஏற்பாடுகள் செய்தும், அணுச்சிதைவினால் உண்டாகும் கிரணங்கள் ஊழியர்கள்மீது விழாதபடி தடுத்தும், அவசியமானபொழுது தக்க எச்சரிக்கை செய்தும் ஊழியர்களைக் காக்கிருர். எந்த அளவுக்கு அதிகமான கதிரியக்கத்தில் சஞ்சரிக்கக் கூடாது என்று வரம்புகட்டி ஊழியர்களுக்கு உணர்த்துகிருர். ஊழியர்கள் கதிரியக்கத்தை அலட்சியம் செய்யாது நடந்துகொண்டால், கதிரியக்கத்தால் தோன்றும் மறலிக் கதிர்களுக்குச் சிறிதும் அஞ்சவேண்டியதில்லை.

[31] ஜே. ஜே. தாம்சன் – J. J. Thomson. [32] உடல்நல பௌதிகம் – Health physics.

பாதுகாப்பு முறைகள் : அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தும் தொழிற்சாலைகளில் மறலிக் கதிர்களினின்றும் தொழிலாளிகளைப் பாதுகாத்தல் ஒரு முக்கிய பிரச்சினையாகின்றது. யுரேனிய அடுக்கிலிருந்து வெளிவரும் கதிர்களைத் தடுத்து அவை இயந்திரங்களையும் தொழிலாளிகளையும் பாதிக்காதவாறு காப்புறைகள் இடப்படுவதன் அவசியத்தை மேலே கண்டோம். ஹான்போர்டு புளூட்டோனியத் தொழிற்சாலையில் 60,000 பேர் வேலை செய்தனர். கதிர்கள் வெளியில் பரவாதிருக்க ஐந்தடிப் பருமனுள்ள கப்பிச்சுவர்களும்[33] இரும்புச்சுவர்களும் எழுப்பப் பெற்றிருந்தன. காப்புறைகளின் எடையே பல நூறு டன்கள் ஆகும். எனவே, யுரேனியத்தைப் பயன்படுத்தும் தொழிலகம் பேரளவினதாக இருக்கவேண்டும்.

அடுக்கு முழுவதையும் இங்ஙனம் மூடி மறைத்தல் என்பது நடைமுறையில் சாத்தியம் இல்லை. காரணம், உள்ளிருக்கும் அடுக்கை வேண்டியவாறு அமைக்கவும் பிரிக்கவும் வசதிகளைப் பொருத்தவேண்டியிருந்தது. குளிர்ந்த நீர் உள்ளே பாய்ந்து வெளிவருவதற்கும் வழிவிடவேண்டியிருந்தது. இந்த அரண் சுவர்கள் உள்ளிருந்து வீசும் கதிர்களை மட்டிலும் தடுத்தால் போதாது. உள்ளிருந்து வெளிவரும் காற்றையும் தடுத்தாகவேண்டும். ஏனெனில், அங்கு நிகழும் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியால் காற்றும் கதிரியக்கம் பெற்று தீங்கு பயக்கக்கூடியதாகிவிடும். இவற்றையெல்லாம் மனத்திற்கொண்டு தக்க பாதுகாப்பு முறைகள் அமைக்கப் பெற்றன. மேற்படி தொழிற்சாலையில் தொழிலாளிகளின் உடல்நலம் சிறிதும் குன்றாது பாதுகாக்க மருத்துவ உடல்நலப் பிரிவு ஒன்று அமைக்கப்பெற்றது. இதில் பணியாற்றும் மருத்துவ நிபுணர்கள் அனைவரையும் அடிக்கடி விவரமாய்ப் பரிசோதித்து ஆங்குள்ளோர் ஒருவகைத் தீங்கையும் அடையாது பாதுகாத்தனர்.

இன்னொரு முக்கிய பிரச்சினையும் எழுகிறது. யுரேனியத் தொழிற்சாலைகளிலுள்ள கழிவுப் பொருள்களை என்ன செய்வது என்பது ஒரு பெரும் பிரச்சினையாக இருக்கிறது.

[33] கப்பிச்சுவர்கள் - concrete walls.

சாதாரண தொழிற்சாலைகளிலுள்ள கழிவுப்பொருள்களை பயனுள்ளவைகளாக இருந்தால் பயன்படுத்துகின்றோம். இல்லையேல், அவற்றைக் குழிதோண்டிப் புதைத்துவிடுகிறோம் ; அல்லது, கடலில் எறிந்துவிடுகிறோம். யுரேனியத் தொழிற்சாலைக் கழிவுப் பொருள்களை அங்ஙனம் செய்ய முடியாது. அப்பொருள்கள் யாவும் கதிரியக்கமுள்ளவையாக இருக்கும். ஆகையால் அவற்றைத் தீங்கின்றி அழிக்கும் முறைகளைக் கண்டறிந்தாக வேண்டும். ஆனால், உலகெங்கும் யுரேனியத் தொழிற்சாலைகள் தோன்றிய பிறகு இக் கழிவுப்பொருள்களை அழிப்பது மிக முக்கியமான பெரும் பிரச்சினையாகிவிடும்.

யுரேனிய இயந்திரங்கள் : யுரேனியம் எதிர்காலத்தில் இயந்திரங்களில் எரியையாகப் பயன்படும் என்று உறுதியாக நம்பலாம். ஓர் இராத்தல் யுரேனியத்திலிருந்தோ புளூட்டோனியத்திலிருந்தோ கிடைக்கும் ஆற்றல் 1400 டன் நிலக்கரியையோ 900 டன் மண்ணெண்ணெயையோ எரிப்பதால் கிடைக்கும் ஆற்றலுக்குச் சமம். தற்காலத்தில் யுரேனியத்தின் மொத்த நிறையில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கே ஆற்றலாகிறது. அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தும் முறைகளும் சீரமைந்து யுரேனியமும் மலிவாகக் கிடைக்குமானால் எதிர்காலத்தில் தொழில் துறையில் பெரியதொரு முன்னேற்றத்தை எதிர்பார்க்கலாம்.

யுரேனிய இயந்திரங்கள் இயங்கும் நிலையத்தை அமைக்கவும் அதிகச் செலவு ஏற்படுகிறது. அண்மையில் அணுவாற்றல் நிலைய அமைப்பின் செலவை மதிப்பிட்ட குழுவொன்று இப்பிரச்சினையை ஆராய்ந்து, வேறு நிலையங்களை அமைப்பதைவிட யுரேனிய ஆற்றல் நிலைய அமைப்புக்கு 25 சத விகிதம் அதிகமாக ஆரம்பச் செலவாகும் என்று மதிப்பிட்டிருக்கின்றது. கரி, எண்ணெய் முதலிய எரியைகள் கிடைக்க வசதியில்லாத இடங்களில் யுரேனிய ஆற்றல் நிலையங்களை அமைக்கலாம். இத்துறையில் தீவிரமான ஆராய்ச்சி தொடங்கியுள்ளது. விரைவில் குறைந்த செலவில் நிலையங்களை அமைக்கவும் அணுவாற்றலை மலிவாகப் பெறவும் வழிவகைகள் கண்டறியப் பெறலாம்.

5. அணு எரியைகள்

வெப்பத்தை இயற்றுவதற்கு விறகு, கரி, நிலக்கரி, எண்ணெய் போன்ற சில எரியைகளைப் பயன்படுத்துகின்றோம். இதைப் போலவே அணுவாற்றலை இயற்றுவதற்கு அணு எரியைகளை உபயோகிக்கின்றனர். யுரேனியம், தோரியம் என்ற இரண்டு வேதியற் தனிமங்கள் அணு எரியைகளாகப் பயன்படுகின்றன. இயற்கையில் கிடைக்கும் இவ்விரண்டு தனிமங்கள்தாம் அவ்வாறு பயன்படுகின்றன. அவற்றின் அணுக்கள் மிகக் கனமானவை; அவற்றின் அமைப்பும் மிகவும் சிக்கலானது. அவை இரண்டும் சிறிது கதிரியக்கமுள்ளவை[1]. அஃதாவது, அவற்றின் உட்கருக்கள் பல நூற்றாண்டுகளில் எதிர் மின்னிகள், நேர் இயல் மின்னிகள், பொது இயல் மின்னிகள் என்ற சிறு சிறு துணுக்குகள் ஒவ்வொன்றாக எறிந்து இறுதியில் ஈயமாக மாறுகின்றன. பூமியில் யுரேனியத்தை விட கனமான அணுக்கள் இருக்குமாயின், அவை நிலையற்றவையாகவே காணப்பெறும்; அவை நாளடைவில் சிதைந்து அழிந்துகொண்டே வந்து இறுதியில் நிலைத்த தன்மையுள்ள ஈயம் போன்ற சாதாரணத் தனிமங்களாக மாறிவிடும்.

அணு எரியைகளின் மூலங்கள் : மனிதன் பயன்படுத்தும் எல்லாப் பொருள்களைப் போலவே அணு எரியைகளும் பூமியிலிருந்தே கிடைக்கின்றன. ஏனையவற்றைப் போலன்றி இந்த எரியைகள் தம் இயற்கை நிலையிலிருந்து பல்வேறு

[1] கதிரியக்கமுள்ள - radioactive.

வேதியல் மாற்றங்களை அடைந்த பிறகே உபயோகப்படுத்தப் பெறுகின்றன. யுரேனியம், தோரியம் என்ற தனிமங்களின் கனிப் பொருள்கள் மிகவும் அரியனவாய் கிடைக்கின்றன; இப் பூமண்டலத்தில் அவை கிடைக்கும் இடங்கள் ஒவ்வொன்றுக்கு மிடையேயுள்ள தூரம் மிக அதிகமாக இருக்கின்றது. தொடர்நிலை விளைவு கண்டறியப் பெறும் வரை இவ் வெரியைகள் முக்கியத்துவம் பெறவில்லை. கண்ணாடிப் பாத்திரங்களுக்கும் பீங்கான் பாத்திரங்களுக்கும் பச்சை-மஞ்சள் கலந்த பளபளப்பு[2] நிறம் தருவதற்காக மட்டிலும் யுரேனியம் முக்கியமாக பயன்பட்டது; நிலக்கரி வாயுவும், நீர் வாயுவும் ஒளி தருவதற்கும் சூடு உண்டாக்குவதற்கும் சமையல் வேலைக்கும் பயன்படுத்தப்பெற்ற காலத்தில் தோரியம் ஒளிர்விடும் 'மாண்டில்'[3]களில் உபயோகப்படுத்தப்பெற்றன. இந்த மாண்டில்களை வாயுச் சுவாலையில் சூடாக்கிஞல் அவை வெண்மை ஒளியை வீசும். இந்த இரண்டு தனிமங்களும் ஆற்றல் மூலங்கள் என்று திடீரெனக் கண்டறியப் பெற்ற காலத்தில், தூய்மையான யுரேனியம் கொஞ்சம்தான் கையிலிருந்தது; தோரியத்தின் நிலையும் அதுவே.

ரேடியத்தை உற்பத்தி செய்யும்பொழுது யுரேனியம் ஓர் உடன் விளைவுப் பொருளாகக் கண்டறியப் பெற்றது. புற்றுநோய் சிகிச்சைக்காக ரேடியம் தேவைப்படும் என்பது நமக்கு தெரியும். வலிவற்ற கதிரியக்கத்தைக் கொண்ட யுரேனிய அணுக்கள் மெதுவாகக் காரீய[4] அணுக்களாக மாறுகின்றன. அவ்வாறு மாறும் படியில்தான் ரேடியம் என்பது ஒரு நிலை. அந்நிலையில் அந்த யுரேனிய அணுக்கள்—ரேடிய அணுக்கள்—மிகத் தீவிரமான கதிரியக்கத்தை யுடையனவாக இருக்கின்றன. அவை காரீய அணுக்களாக மாறுவதற்கு முன்னர் இந்நிலையிலேயே சில ஆயிரம் யாண்டுகள் கழிகின்றன. ஆகவே, ரேடியம் யுரேனிய கனிப் பொருள்களில்[5] மிகக் குறைந்த அளவில் காணப்படுகின்றது;

[2] florescent hue - பளபளப்பான நிறம். [3] மாண்டில் - mantle. [4] காரீயம் - lead. [5] கனிப்பொருள்கள் - minerals.

அஃதாவது, முப்பது இலட்சத்தில் ஒரு பகுதிதான் ரேடியம் கிடைக்கிறது. இன்னொரு விதமாகக் கூறின், மூன்று டன் யுரேனியத்திலிருந்து ஒரு கிராம் ரேடியத்தைப் பிரித்தெடுக்கலாம். அந்தக் காலத்தில் ஒரு கிராம் ரேடியத்தின் விலை நூறு டாலராக[6] (அமெரிக்கன்) இருந்தது. யுரேனியம் அதிக விலையுள்ளதாக இராவிட்டாலும் உயர்தரமுள்ள யுரேனியக் கனிப் பொருள்களின் விலை அதிகமாகவே இருந்தது.

இந்தக் காரணத்தால் பல இடங்களில் இந்த நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் யுரேனியப் படிவுகளைச் சோதித்துக் கண்டறிந்தனர். யுரேனியப் படிவுகளைக் காணும் முயற்சியும் அதிகரிக்கப்பட்டது. யுரேனியம் விலையுயர்ந்த பொருள் என்ற நாள் வரும் வரையில் இம்முயற்சி விரிந்த நிலையில் செயற்படுவதற்குத் தயாராக இருந்தது. இதுகாறும் கண்டறியப்பெற்ற படிவுகளில் மூன்றினைச் சிறப்புடையனவாகக் கூறலாம். இந்த மூன்றிலும் கிடைக்கும் கனிப் பொருள் 'பிச் பிலெண்டி'[7] எனப்படுவது, இக்கனிப் பொருளில் யுரேனியம் உயிரியத்துடன் கலந்து கருநிற ஆக்ஸைடாகக்[8] காணப்படுகிறது. இதில் யுரேனியத்தின் சத விகிதம் மிக உயர்ந்த நிலையில் உள்ளது. முதற்படிவு செக்கோசுலோவாக்கியாவில்[9] பொகிமியன் பரப்பி[10]லுள்ள ஜோகிம்ஸ்தால்[11] என்ற இடத்திலுள்ள பண்டைய சுரங்கங்களில் கண்டது. இச்சுரங்கங்களில் 800 ஆண்டுகளாக வேலை நடந்துகொண்டே இருக்கிறது. முதலில் வெள்ளீயத்தைப்[12] பிரித்தெடுப்பதற்கும் அதன்பிறகு வெள்ளி, கோபால்ட்டு[13], நிக்கல்[14] ஆகியவற்றை முறையே கண்டறியவும் வேலை தொடர்ந்து நடைபெற்றது. இறுதியாக, 1898-ல் ரேடியத்தைக் கண்டறிந்த பிறகு குயூரி அம்மையார் யுரேனியத்திற்காக

[6] ஒரு டாலர் = $4\frac{1}{3}$ ரூபாய்க்குச் சமம் (சுமாராக)

[7] பிச் பிலெண்டி - pichblende. [8] ஆக்ஸைடு - oxide. [9] செக்கோசுலோவாக்கியா-Czechoslovakia. [10]பொகிமியன் பரப்பு-Bohemian area. [11] ஜோகிம்ஸ்தால்-Joachimsthal. [12] வெள்ளீயம்-tin. [13]கோபால்ட்டு-cobalt. [14]நிக்கல்-nickel.

வேலையை நடத்தினர். இரண்டாவது பெரியபடிவு 1915-ல் கண்டறியப் பெற்றது; இது பெல்ஜியன் காங்கோ[15] பிரதேசத்திலுள்ள பிரசித்தி பெற்ற ஷிங்கோ லோப்வி சுரங்கமாகும்[16]. இறுதியாக, 1930-ல் கனடாவின் வடமேற்குப் பகுதியில் ஆர்க்டிக் வட்டத்தை[17] நெருங்கியுள்ள பெருங்கரடி ஏரிக்[18] கருகில் ஒரு பெரிய யுரேனியப் படிவு கண்டறியப்பெற்றது. காங்கோப் பகுதியிலும் கனடாப் பகுதியிலும் உள்ள கனிப் பொருள்களில் அதிகமாக யுரேனியம் உள்ளது. இப்பொருள்கள் ஒரு கடல் துறைமுகம் அல்லது புகைவண்டிப் பாதையை அடைவதற்கு முன்னர் ஆயிரத்திற்கு மேற்பட்ட மைல்கள் ஆறுகளில் செல்லும் நீராவிக் கப்பல்களில் கடத்தப் பெறுகின்றன.

புதிய மூலங்கள்: யுரேனியத்தின் இரண்டாவது பெரிய மூலம் கார்னோடைட்[19] போன்ற மிகச் சிக்கலான தனிப் பொருள்களில் உள்ளது. இவை சிறுசிறு குவியல்களாகக்[20] காணப்பெறுகின்றன. அவை அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளிலுள்ள உயர்ந்த வறண்ட[21] கொலராடோ பீடபூமி[22] யிலுள்ள பரந்த மணற்கற்களின் அடுக்குகளில் விரிந்த நிலையில் சிதறிக் கிடக்கின்றன. இவை ரேடியத்தின் மூலங்களாகப் பயன்படுத்தப்பெற்றன. பெல்ஜியன் காங்கோ பிரதேசத்திலுள்ள நல்ல படிவுகளைக்கண்டு அவற்றைச் சிறப்பானவைகளாகச் செய்யும் வரையில், அவை உலகத்திற்கே ரேடியத்தின் வினியோக மூலங்களாக இருந்தன. அண்மையில் யுரேனியம் அவசரமாகத் தேவை என்று ஏற்பட்டதும், 130,000 சதுரமைல்கள் பரப்புள்ள பீடபூமி முழுவதிலும் சிதறிக்கிடந்த இந்த கார்னோடைட்டின் சிறு குவியல்கள் தேடப்பெற்றன; அவை ஏராளமாகவும் கிடைத்தன.

[15] பெல்ஜியன் காங்கோ - Belgian Congo.

[16] ஷிங்கோலோப்வி சுரங்கம் - Shinkolobwe mine. [17] ஆர்க்டிக் வட்டம் - Arctic curcle. [18] பெருங்கரடி ஏரி - Great bear lake. [19] கார்னோடைட் - cornotite. [20] சிறுசிறு குவியல்கள் - small pockets. [21] வறண்ட - arid

[22] கொலராடோ பீடபூமி - Colorado Plateau

அவற்றைச் சோதித்ததில் ஒரு டன் கனிப்பொருளுக்கு இரண்டு இராத்தல்கள் வீதம் யுரேனியம் கிடைத்தது. இவ்வாறு கிடைத்த கனிப்பொருள்கள் கனிசமாகவே இருந்தன என்றே சொல்லலாம். இத்தகைய படிவுகள் ஐக்கிய நாடுகளின் பிற்பகுதிகளிலும் உலகின் பல்வேறு பகுதிகளிலும் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன. இவற்றுள் மிகவும் முக்கியமானவை இரண்டு. ஒன்று, ஆஸ்திரேலியாவின் வட பகுதியிலுள்ள ரம் காட்டில்[23] இருப்பது. மற்றொன்று, தென் ஆஸ்திரேலியாவிலுள்ள ரேடியம் குன்று[24] என்ற இடத்திலுள்ளது.

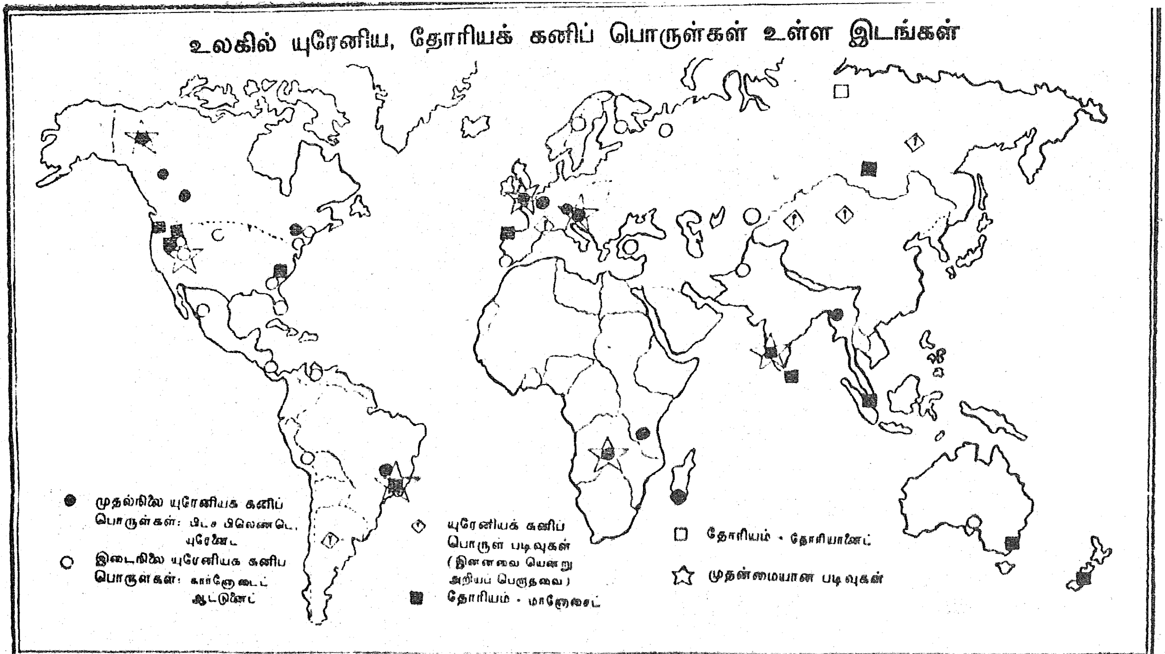
யுரேனியத்தின் மூன்றாவது மூலம் வேறு பொருள்களைத் தேடுவதற்காக பிளக்கப்பெற்று நொறுக்கப்பெற்ற பாதைகளிலிருந்து கிடைப்பதாகும். இவ்வாறு செய்வதில் ஆகும் செலவுகளை அப்பொருள்கள் ஏற்கின்றன. அவற்றில் சிறிதளவு உபயோகப்படும் யுரேனியம் கிடைக்கின்றது. எனவே, அதில் யுரேனியம் ஓர் உடன்விளைவுப் பொருளாகவே[25] கிடைக்கின்றது. தென் ஆப்பிரிக்காவிலுள்ள தங்கச் சுரங்கங்களையும் அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளின் தென் கிழக்குப் பகுதியிலுள்ள பாஸ்பேட் - பாறைகள் வெட்டியெடுக்கப்பெற்ற இடங்களையும் இதற்கு எடுத்துக் காட்டுகளாகக் கொள்ளலாம். இந்த இரண்டு இடங்களிலுமுள்ள பாறைகளில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தின் அளவு மிகக்குறைவே; ஆயினும், அதனைப் பிரித்தெடுக்கும் செலவுகளும் மிகவும் குறைவாகவே உள்ளன. இந்நிலையில் அவை இரண்டும் முக்கியமான அளவு யுரேனியத்தை உற்பத்தி செய்கின்றன என்றே கொள்ளவேண்டும்.

நாளடைவில் யுரேனியக் கனிப்பொருள்கள் அதிகமாக கண்டறியப் பெறலாம். காரணம், அது பூமியின் மேலோட்டில்[26] மிக விரிந்த நிலையில் வினியோகப்பட்டுக்[27] கிடக்கும்

[23] ரம் காடு - Rum Jungle. [24] ரேடியம் குன்று - Radium Hill. [25] உடன் விளைவுப் பொருள் - by product.
[26] மேலோடு - crust. [27] வினியோகப்பட்டு - distributed.

ஓர் உலோகம். நம்முடைய பூமி குளிர்ந்துகொண்டே வரு கிறது என்பது நாம் பூகோள வகுப்பில் படித்தபாடம். அங்ஙனம் குளிர்ந்துகொண்டே வந்தால் பூமி ஒரு காலத்தில் சந்திரனைப்போல் குளிர்ந்து உயிர்கள் வாழ்வதற்கு ஏற்றதாக இல்லாது போய்விடும். ஆனால், நல்லகாலமாக அங்ஙனம் குளிராதபடி வேறொரு முறையில் சூடு இயற்றப்படுகிறது. என்பதை அறிவியலறிஞர்கள் கண்டனர். இதனை மேலும் ஆராய்ந்தவர்கள் யுரேனிய அணு சிதைந்து வருவதால் வெளியிடப்பெறும் சூடுதான் அது என்பது அவர்கள் கருத்திற்கு எட்டியது. பூமி குளிர்ந்து வருவதால் ஏற்படும் குறையினை யுரேனியம் வெளிவிடும் சூடு நிறைவு செய்கிறது என்பது அவர்கள் யூகம். பூமி குளிர்ந்துவரும் கணக்கி லிருந்து அதனை ஈடுசெய்ய பூமியில் 8×10^8 டன் யுரேனியம் உலகில் இருக்கவேண்டும் என்பது சிலருடைய கொள்கை. அதற்குமேல் இருந்தால் அதிலிருந்து வரும் சூட்டினால் பூமி வெடித்துப்போய்விடும் என்பது அவர்களுடைய கருத்து. இன்னும் சிலர் பூமியின் மேலோட்டில் ஒருமைல் ஆழத்திற் குள் 10^5 டன் (100,000) யுரேனியம் கிடைக்கலாம் என்று கூறுகின்றனர். இன்று யுரேனியம் பூமியில் 250,000ல் ஒருபங்கு இருப்பதாக மதிப்பிடப்பெற் றிருக்கின்றது. அப் படியானால் யுரேனியம் காரீயத்தைப் போலவோ, அல்லது துத்தநாகத்தைப் போலவோ அதிகமாக இருக்கிறது என்று கொள்ளலாம்; வெள்ளியைவிட நூறுமடங்கு அதிகமாகவும் இருக்கிறது என்பது வெளிப்படை. இவற்றைத்தவிர, ஒவ் வொரு கன மைல் கடல் நீரிலும் ஐந்து டன் யுரேனியம் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். கனிப்பொருளிலோ பிறவற்றிலோ யுரேனியத்தின் அளவு 0·1 சதவிகிதத்திற்குக் குறைவாக இருந்தால் அதைப் பிரித்தெடுப்பதற்கு[28] அதிகச் செலவாகும். எனினும், யுரேனியத்தின் படிவுகள் பரந்து கிடப்பதிலிருந்து அதிக அடர்வுள்ள[29] யுரேனியப் படிவுகள் எதிர்பாராத இடங்களிலும் அதிக அளவுகளிலும் கண்டறியப் பெறுதல் கூடும்.

[28] பிரித்தெடுத்தல் - extraction. [29] அடர்வு - concentration


உலகில் யுரேனிய, தோரியக் கனிப் பொருள்கள் உள்ள இடங்கள்
முதல்நிலை யுரேனியக் கனிப் பொருள்கள்: பிட்ச் பிலெண்டை, யுரேனைட்
இடைநிலை யுரேனியக் கனிப் பொருள்கள்: கார்னோடைட் ஆட்டுனைட்
யுரேனியக் கனிப் பொருள் படிவுகள் (இன்னவை யென்று அறியப் பெறாதவை)
தோரியம் - மானசைட்
தோரியம் - தோரியானைட்
முதன்மையான படிவுகள்

படம் 14.

இதுகாறும் நாம் அறிந்த பயன்படத்தக்க யுரேனியக் கனிப்பொருள்களிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றல் இவ்வுலகி லுள்ள எல்லா நிலக்கரிப் படிவுகளினுல் கிடைக்கும் ஆற்றலை விட 25லிருந்து 50 மடங்குவரை அதிகம் இருக்கிறது என்று கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். எனவே, நிலக்கரிக்குப் பதிலாக யுரேனியத்தை ஓர் உலக எரியையாகக் கருதுவது நடை முறைக்கு உகந்தது என்று சொல்லலாம்.

தோரியம் கனிப் பொருள்கள்கூட அணு எரியைகளின் ஒரு முக்கிய மூலமாகக்கூடும். ஆயினும், அவற்றைப் பயன் படுத்தும் முறை இன்னும் நடைமுறைக்கு வரவில்லை. இந்த உலோகம் யுரேனியத்தைவிட அருமையானது;[30] ஆகவே, இதன் கனிப்பொருள்கள் அதிகமாகப் பரந்து காணப்பெற வில்லை. ஆயினும், இதுவரையிலும் கண்டறியப்பெற்ற தோரி யப்படிவுகள் அதிகமாகவே உள்ளன என்று சொல்லலாம். 'நீலத் திரைக்கடல் ஓரத்திலே-நின்று, நித்தம் தவம்புரியும் குமரி எல்லை'யைச் சார்ந்த கடற்கரையில் மோனசைட்[31] என்ற ஒருவகை மணலில் தோரியம் அதிகமாக உள்ளது என்று கண்டறிந்துள்ளனர். இம்மணல் உலகிலேயே அதிகமான தோரியத்தைக்கொண்ட மூலம் என்று சொல்லப் படுகிறது. இதன் அருமை தெரியாது அண்மைவரை பெறற்கரிய இந்த நிதியைச் சுரண்ட அந்நியரை அனுமதித்து வந்தோம். இப்பொழுது இம்மணலின் ஏற்றுமதி கட்டுப் படுத்தப் பெற்றுள்ளது. ஆண்டொன்றுக்கு 1500 டன் மணலைப் பிரித்தெடுக்கக்கூடிய இயந்திரம் ஒன்று நிறுவப் பெற்றுள்ளது. தென் அமெரிக்காவைச் சார்ந்த பிரேஸில் என்ற நாட்டிலும் மோனசைட் என்ற தோரியப் படிவுகள் சிறிய அளவுகளில் காணப்பெறுகின்றன. இவ்வுலகில் எங்கெங்கு யுரேனிய, தோரியமூலங்கள் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன என்பதைப் படத்தில் காண்க. (படம்-14)

கனிப்பொருள்களினின்றும் பிரித்தல்: ஒவ்வொரு டன் யுரேனியக் கனிப்பொருள்களில் 2 லிருந்து 10 இராத்தல்

[30] அருமையானது – rare.

[31] மோனசைட் – monazite.

வரை யுரேனிய உலோகம் இருக்கிறது. இந்தச் சிறிய அளவு தனிமம் பயனற்ற, கிட்டத்தட்ட 2000 இராத்தல் அளவு பாறைகளில் சிறிய [32]பொடிகளாகக் கலந்து கிடக்கின்றது. இந்நிலையிலிருப்பதைத் தனியாகப் பிரித்தெடுப்பதென்பது ஓர் அரக்க வேலையால்தான் இயலும். முதலில் பாறைகள் பெரிய பொறிகளினால் உடைத்து நசுக்கப்பெறுகின்றன. இம்மணல் வேதியல் கிரியைக்குத் தயாராக இருக்கின்றது. கனிப்பொருள் கார்னேடைட்டாக இருக்கும்பொழுது இம் மணலை உப்புடன் சேர்த்து 1000 F சூட்டு நிலையில் சுடுகின்றனர். அதன்பிறகு அது நீரினால் கழுவப் பெறுகின்றது. பிறகு அது அமிலத்துடன் சேர்த்தல், சூடாக்குதல், உலர்த்துதல் போன்ற செயல்களுக்கு மாறிமாறி உட்படுத்தப் பெறுகின்றது. இவ்வாறு பலநாட்கள் அதனைப் பல்வேறு கிரியைகட்கு உட்படுத்திய பிறகு, கிடைக்கும் பொருள் சாம்பல் நிறமும் கருப்பு நிறமும் கொண்ட பொடியாகக் காட்சியளிக்கின்றது. இதுதான் பண்படா யுரேனியம் ஆக்ஸைடு ; ஒவ்வொரு டன் யுரேனியக் கனிப் பொருள்களினின்றும் சில இராத்தல் பொடியாகக் கிடைப்பது. இவ்வாறு பொடியாகக் கொண்டுவருவது முதல் நிலை.

இதற்கு அடுத்த நிலையில் இப் பொடியிலிருந்து பிற உலோகங்களை நீக்கி அவை சிறிதும் இல்லாமல் தூய்மையாக்கப்பெறுகின்றது. பல வேதியற் கிரியைகளுக்கு உட்படுத்தி தூய்மையாக்கினாலும் சில உலோகங்கள் யுரேனியத்தைத் தொடர்ந்து கொண்டே இருக்கின்றன. எனினும், பல தடவைகள் மீண்டும் மீண்டும் ஓரளவு இல்லாமல் அமிலத்துடன் சேர்ப்பதால் அவை நீங்குகின்றன. இப்பொழுதுள்ள தூய்மையான யுரேனியம் ஆக்ஸைடு கபிலநிறமுள்ளதாகக்[33] காணப்படுகிறது. இதன் பிறகு யுரேனியம் ஆக்ஸைடிலிருக்கும் உயிரியம் நீக்கப் பெறுதலும் புளோரின்[34] சேர்க்கப் பெறுதலும் நடைபெறவேண்டும். இப்பொழுது யுரேனியம் புளோரைடு உண்டாகிறது; இது

[32] பொடிகள் - particles. [33] கபிலநிறமுள்ள - brown.
[34] புளோரின் - fluorine.

பச்சை நிறமுள்ள பொடியாகும்; 'பச்சை உப்பு'[35] என்று வழங்கப்படுவது.

பச்சை உப்பிலிருந்து யுரேனியத்தைப் பிரித்தெடுப்பது தான் மூன்ருவது நிலையில் நடைபெறுவது. இவ்வாறு பிரித்தெடுக்கப்பெறும் யுரேனியம் பளபளப்பான, கெட்டியான, திண்மைமிக்க உலோகமாகும். ஒரு கன அங்குலமளவு உலோகம் $\frac{2}{3}$ இராத்தல் எடை இருக்கும்; காரீயத்தைவிட 50 சத விகிதம் அதிகக் கனமுள்ளது. காற்றிலிருக்கும்பொழுது அதில் சாம்பல் நிறமுள்ள துருப்பிடித்தாலும், அது தோற்றத்தில் நிக்கலைப் போலவே காணப்படுகின்றது. இந்த யுரேனியம் நீண்ட குச்சுகளாக உருட்டப்பெற்று ஒவ்வொன்றும் நான்கு இராத்தல் எடையுள்ளதும் நான்கு அங்குல நீளமுள்ளதுமான துண்டுகளாக வெட்டப்பெறுகின்றது. இத் துண்டுகள் இறுக்கமான அலுமினியச் சிமிழ்களில் அடைக்கப் பெற்று காற்று படாதவாறு பாதுகாக்கப் பெறுகின்றன. இந்நிலையிலிருக்கும் யுரேனியம்தான் அணு உலைக்கு ஏற்ற பொருளாக இருக்கின்றது.

ஓரிடத்தான்கள் பிரிவு: இவ்வாறு பிரித்தெடுக்கப்பெறும் யுரேனியத்தில் யு-238, யு-235 என்ற இரண்டு யுரேனிய ஓரிடத்தான்கள் கலந்திருக்கின்றன. யு-235 தான் தொடர் நிலை விளைவை உண்டாக்க வல்லது என்பது நமக்குத் தெரியும். கலவையைப் பிரித்துத் தூய்மையான யு-235 ஐ உண்டாக்க வேண்டுமானுல், மேலே குறிப்பிட்ட பச்சை உப்பிலிருந்து இக்கிரியையைத் தொடங்க வேண்டும். பச்சை உப்பில் மீண்டும் அதிகமான புளோரினைச் செலுத்தினுல் அது யுரேனியம் ஹெக்ஸாபுளோரைடாக[36] மாற்றப்பெறுகின்றது. யுரேனியம் ஹெக்ஸாபுளோரைடின் ஒவ்வொரு அணுத் திரளையிலும் ஆறு புளோரின் அணுக்கள் உள்ளன. யுரேனியத்தின் இந்தச் சேர்க்கைப் பொருளை மட்டிலுந்தான் வாயு நிலைக்கு மாற்றக்கூடும். வாயுநிலையில் வைத்துதான்

[35] பச்சை உப்பு - green salt. [36] யுரேனியம் ஹெக்ஸா புளோரைடு - uranium hexafluoride.

இரண்டு ஓரிடத்தான்களையும் 'வாயு பரவல்' மூலம் பிரிக்க முடியும்.

ஒரு பொருளின் எடை என்பது என்ன? ஒரு பொருண்மையைப் பூகவர்விசை இழுக்கும் அளவே அதன் எடை என வழங்கப் பெறுகின்றது. எந்த ஒரு வாயுவின் அணுத்திரளைகளின் வேகமும் அவற்றின் பொருண்மைக் கேற்றவாறு மாறுபடும். அஃதாவது, அணுத் திரளையின் பொருண்மை அவற்றின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தும். உயர்ந்த சூட்டு நிலைகளில் அவற்றின் வேகமும் அதிகமாக இருக்கும். ஏதாவது ஒரு சூட்டு நிலையில் குறைவான பொருண்மையைக் கொண்ட அணுத் திரளைகளும் அணுக்களும் விரைந்து அசையும். இதை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் நன்கு விளக்கலாம். அறுவடை செய்து போரடித்த தானியத்தைப் பதரினின்றும் வைக்கோல் துணுக்குகளினின்றும் பிரிப்பதற்கு உழவன் என்ன செய்கிறான்? அவற்றைக் காற்றில் தூற்றுகிறான். கனமான தானியமணிகள் ஓரிடத்திலும் இலேசான பதர் முதலியவை பிறிதோரிடத்திலுமாகச் சேர்கின்றன. இதனை யொத்த ஒரு தத்துவம்தான் யுரேனிய ஓரிடத்தான்களைப் பிரிப்பதில் பயன்படுகின்றது.

சாதாரண சூட்டு நிலையில் யுரேனியம் ஹெக்ஸாபுளோரைடு மிகவும் அரிக்கும் தன்மையுள்ள ஒரு திடப் பொருள். ஆனால், உயர்ந்த சூட்டு நிலைகளில் அது வாயுவாக ஆவியாகிறது. இந்த வாயுக் கலவை பல இலட்சக்கணக்கான நுண்ணிய துவாரங்களையுடைய திரையினூடே செலுத்தப் பெறுகின்றது. இரண்டு ஓரிடத்தான்களும் திரையைக் கடக்கின்றன. 'வாயு பரவல்' முறையில் இது நடைபெறுகின்றது. ஓரிடத்தில் ஊதுவத்தியைக் கொளுத்தி வைத்தால் அதன் மணம் விரைவில் எங்கும் பரவுகிறதல்லவா? அதனை யொத்த முறையில்தான் வாயு நிலையிலுள்ள யுரேனிய ஓரிடத்தான்களும் திரையைக் கடந்து அடுத்த பக்கத்தை அடைகின்றன. ஆனால், சற்றுக் குறைந்த பொருண்மையையுடைய யு-235ன் அணுத்திரளைகள் சற்று அதிகப் பொருண்மையையுடைய யு-238ன் அணுத்திரளை

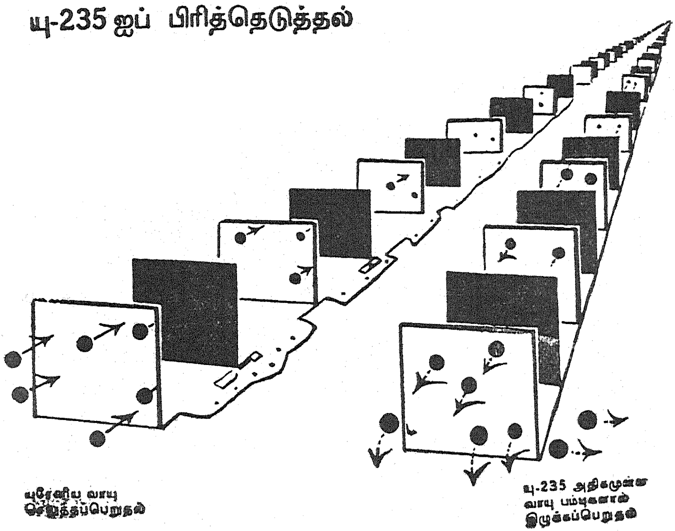
களைவிட அதிகமாகச் செல்லுகின்றன; விரைவாகவும் செல்லுகின்றன. இவ்வாறு யு-235ன் அடர்வு அதிகரிக்கப் பெறுகின்றது. இவ்வாறு மீண்டும் மீண்டும் பல திரைகளி னூடே யுரேனிய ஹெக்ஸாபுளோரைடு வாயுவைச் செலுத்திச் சிறிது சிறிதாக யு-235ன் அடர்வை அதிகரிக்கச் செய்யலாம். இவ்வாறு மீண்டும் மீண்டும் ஆயிரக்கணக் கான தடவைகளில் திரைகளின் வழியாகச் செலுத்தித் தூய்மையான யு-235ஐ அடைகின்றனர். இங்ஙனம் செய் வதற்குப் பல மாதங்கள் ஆகின்றன. வாயுவும் பல மைல் நீளமுள்ள குழாய்களில் வாயு பரவும் இயந்திரத்தில் மீண்டும் மீண்டும் பல மாத காலம் மெதுவாகச் சுற்றி வெளிவர வேண்டும். இவ்வாறு வெளிவரும் யு-235 மிகவும் தூய்மை யானது. இதிலிருந்து யு-235ஐ உலோக வடிவமாக்கு கின்றனர்.

யுரேனியத்தின் ஓரிடத்தான்களைப் பிரிக்கும் முறையைப் போன்ற கடினமான ஒரு செய் முறையை எண்ணிப் பார்த் தலும் இயலாது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளில், டென் னெஸி[37] மாநிலத்தில் ஓக் ரிட்ஜ்[38] என்ற இடத்தில் யுரேனி யத்தைப் பிரிக்கும் தொழிற்சாலை யொன்று நிறுவப்பெற்றுள் ளது. அங்குள்ள பம்புகளை இயக்குவதற்குப் பயன்படும் மின்னுற்றல் நியூ யார்க்[39] நகரில் பாதியளவுக்கு வினியோகம் செய்யப்பெறும் மின்னுற்றலுக்குச் சமமானது. மாபெருங் கட்டடங்களையும் பல மைல் நீளமுள்ள குழாய்களையும் கம்பி களையும் மிகவும் துணிச்சலான உழைப்பாளிகளையும் இத் தொழிற்சாலையில் காணலாம்.

இங்கு சுமார் ஒரு மைல் நீளமும் நான்கு மாடி உயர மும் கொண்ட ஒரு மாபெருங் கட்டடம் ஒன்று உண்டு. அதில் நன்கு மூடப்பெற்ற குழாய்கள் அமைந்துள்ளன. சாதாரண உலோகத்தினுல் இக்குழல்களை அமைத்தல் இயலாது. காரணம், இந்த வாயு உலோகத்தை அரித்துத் தின்றுவிடும்; சில உலோகங்கள் இந்த வாயுவில் எரியவும்

[37] டென்னெஸி-Tennessee. [38] ஓக் ரிட்ஜ்-Oak Ridge.
[39] நியூயார்க்-New york.

செய்யும்; கண்ணுடியையும் இவ்வாயு அரிக்கும் தன்மை உடையது. ஆகவே, பிரத்தியேகமான சில பொருள்களைக் கொண்டு இக்குழல்கள் செய்யப்பெறுகின்றன. இந்த இரகசியப் பொருள்களாலான குழல்களின் வழியாக யுரேனிய ஹெக்ஸாபுளோரைடு வாயுநிலையில் செலுத்தப் பெற்று யு-238-ம், அதைவிடச் சற்று எடையில் குறைந்த யு-235ம் தனித் தனியாகப் பிரிக்கப் பெறுகின்றன. படத்தில் (படம்-15) யுரேனிய வாயு செலுத்தப் பெறுவ



படம் 15

தைக் காண்க. நுண் துளைகள் உள்ள கணக்கற்ற சல்லடைகளைக் கொண்ட நீண்ட ஒரு தொகுதியினுள் பம்புகளைக் கொண்டு வாயுவைச் செலுத்துகின்றனர். சல்லடைகளில் ஓர் அங்குலத்தில் பத்து இலட்சத்தில் இரண்டு பங்குக்கும் குறைந்த குறுக்களவுள்ள துளைகள் உள்ளன; இவை வாயுவை வடிகட்டுகின்றன. சற்று இலேசான யு-235

அணுக்கள் சற்று விரைந்து முன்னேறிச் செல்லுகின்றன. குழாய்களின் மறு முனையில் வெளிவரும் வாயுவில் யு-235 அணுக்கள் அதிகம் இருக்கும். இந்த வாயு பம்புகளால் இழுக்கப் பெற்றுப் பிரிக்கப்பெறுகின்றது. வேதியல் நிபுணர்கள் யு-235 வாயுவிலிருந்து அதில் கூடியுள்ள புளோரினைப் பிரித்து நீக்கி யுரேனியத்தைத் தனிப்படுத்துகின்றனர்.

தொழிற்சாலையிலுள்ள குழல்களும் பிற அமைப்புக்களும் சிறிதும் ஒழுகாமல் இருக்கவேண்டும். காரணம், இந்த வாயு மிகவும் நச்சுத்தன்மை வாய்ந்தது. இக்குழல்கள் சரியாக உள்ளனவா என்று கவனிப்பவர்கள் மிதிவண்டிகளில்[40] சென்று கண்காணிப்பர்.

மூன்று முக்கிய எரியைகள்: யு–235 உடனடியாகத் தேவைப்படாவிட்டாலும் அதை நெடுங் காலத்திற்குச் சேமித்து வைக்கலாம். ஏனெனில், அதன் அரை-வாழ்வு நாற்பது இலட்சம் யாண்டுகள். இன்னும், யுரேனியம்-235 தான் அடிப்படையான எரியை. காரணம், அது ஒன்றுதான் இயற்கையில் கிடைப்பது. அதை நேரடியாக ஆற்றலை உற்பத்தி செய்வதற்குப் பயன்படுத்தலாம்; அல்லது தொடர்நிலை விளைவில் பயன்படுத்தி யுரேனியம் - 238ஐ புளுட்டோனியமாக மாற்றலாம். புளுட்டோனியம் எளிதில் பிளவுறக்கூடிய இரண்டாவது அணு எரியையாகும். இதுவும் நீண்ட அரை–வாழ்வைப் பெற்றுள்ளது. புளுட்டோனியத்தை அணு உலை கொண்டுதான் உற்பத்தி செய்யமுடியும். இது எங்ஙனம் உற்பத்தி செய்யப்பெறுகின்றது என்பதை அணு உலையைப் பற்றிக் கூறுமிடத்துக் காண்போம். அணுவிலிருந்து ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யும் தொழில் பெருகினால், அணு உலைகளைக் கொண்டே தோரியத்தையும் எளிதில் பிளவுறக் கூடிய யு-233 ஆக மாற்றலாம். யு-233 மூன்றாவது அணு எரியை; முற்கூறப்பெற்ற ஏனைய இரண்டைப்போல் இதுவும் எளிதில் பக்குவிடும் தன்மையுடையது.

[40] மிதிவண்டி - cycle.

எனவே, அணு எரியைகளை இயற்கையில் கிடைக்கும் கனிப் பொருள்களிலிருந்து பிரித்தெடுப்பது மிகச் சிக்கலானது என்றும், செலவும் மிக அதிகமாகும் என்றும் அறிகின்றோம். அணு உலைகளை இயக்குவதற்கு பௌதிக விற்பன்னர்களுக்குப் பிரத்தியேகமான அறிவு தேவைப்படுதல் போலவே, அணு எரியைகளை உண்டாக்குவதற்கும் வேதியல் அறிஞர்கட்குப் பிரத்தியேகமான அறிவு தேவைப்படுகின்றது. அன்றியும், இவற்றைப் பிரித்தெடுப்பதற்கு மிகச் சிக்கலான கருவித் தொகுதிகளும்[41] இயந்திரத் தளவாடங்களும் மிக அதிகமாகத் தேவைப்படுகின்றன. இவற்றையெல்லாம் மிக நன்றாக வளர்ச்சி பெற்ற வேதியற் தொழில் சாலையில்தான் காணமுடியும். இவற்றிலிருந்தும், யுரேனியக் கனிப் பொருள்கள் உலகில் சில நாடுகளில் மட்டிலும்தான் கிடைக்கின்றன என்பதிலிருந்தும், அணு எரியைகளை எல்லா நாடுகளிலும் உற்பத்தி செய்ய முடியாது என்பதை அறிகின்றோம்; சிலகாலம் வரையிலுமாவது பெரும்பாலான சில நாடுகளால் அது சாத்தியப்படாது என்பது உறுதி. இவற்றை உற்பத்தி செய்யும் சில நாடுகள் தாம் இவற்றைக் கொண்டு மின்னுற்றல் உற்பத்தி செய்யும் நாடுகளுக்கு வழங்க வேண்டும்.

[41] கருவித் தொகுதி - equipment.

6. அணு உலைகள்

அணுயுகத்தில் வாழும் ஒரு குடியானவனும் ஒரு சாதாரண மனிதனும் அணுவாற்றலை மின்னாற்றலாகவே கருதுவர். இந்த யுகத்தில் மின்னாற்றல் இல்லாத இடங்களில் மின்னாற்றல் எளிதில் கிட்டும்; அது கிடைத்து வரும் இடங்களில் இன்னும் அதிகமாகக் கிடைக்கும். இன்னும் ஒரு சிறந்த அம்சம் என்னவென்றால், அது குறைந்த விலைக்கும் கிடைக்கும். உற்பத்தி நிலையங்களிலிருந்து அது இன்றுள்ளதுபோலவே கம்பிகள் வழியாகவே பாய்ந்து செல்லும். இன்றுள்ள நீர்-மின்சார நிலையங்களைப்[1] போலவே, அணுவாற்றல் நிலையங்களும் பெரிய வடிவில் இருக்கும்; அமைப்பும் மிகச் சிக்கலானதாகவே இருக்கும். அவற்றை அமைப்பதற்கு ஏராளமான பணம் செலவாகும். அரசாங்கம் அல்லது பெரிய தொழிற் கம்பெனிகள் தாம் அவற்றை நிறுவ இயலும். மிகச் சிறந்த முறையில் பயிற்சி பெற்ற பொறி இயல் வல்லுநர்களும் அறிவியலறிஞர்களுமே அவற்றை இயக்குவார்கள். பெரிய நீர்த்தேக்கத்திலிருந்து வேகமாக வெளிப்படும் நீரிலிருந்து பெறும் ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுவதற்குப் பதிலாக, அணு உலைகளில்[2] கட்டுப்படுத்தப்பெறும் நிலைகளில், அணுவின் உட்கருக்களிலுள்ள பிணைப்பாற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுவார்கள்.

அணு உலை என்ற பெயர் வழங்குவதற்குக் காரணம் என்ன? இந்தச் சாதனத்தின் சூட்டு நிலை மிக உயர்ந்திருக்

[1] நீர்-மின்சார நிலையங்கள் - hydro-electric station.

[2] அணு உலை - atomic furnace (reactor)

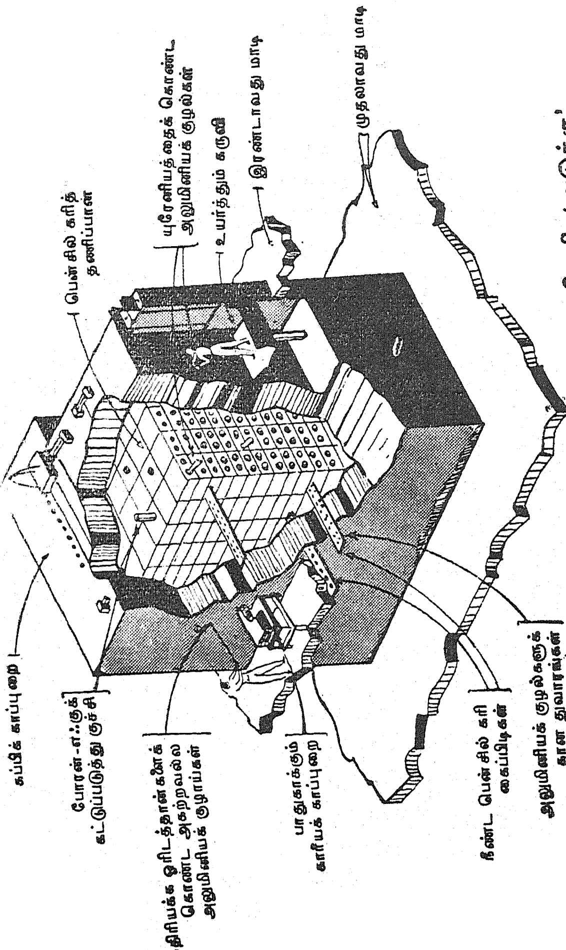
கும்; யுரேனியம் அதில் எரியையாகப் பயன்படுகிறது; முதன் முதலில் நேரடியாக வெளிப்படும் பொருள் நீராவியாகும். ஓர் உலைக்கும் இந்தச் சாதனத்திற்கும் ஒரு வேற்றுமை உண்டு. இச்சாதனத்திற்குக் காற்று தேவையில்லை; எனவே, இது ஒரு கப்பி[3]யினுள் அல்லது நீரினுள் பல ஆண்டுகள் இயங்க வல்லது. ஓர் அணு உலையினுள் பக்குவிடும் எரியையை நிரப்பிவிட்டால் அது தாளுகவே இயங்கும். நமக்குத் தேவையான அளவு ஆற்றலைப் பெறுவதற்கேற்றவாறு அதனைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டியது ஒன்றே நாம் செய்யவேண்டியது.

அணு உலைகளில் பலவகை உண்டு; ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு செயல்களுக்காக நிறுவப்பெறுபவை. இன்று பல்வேறு நாடுகளிலும் முப்பதிற்கு மேற்பட்ட அணு உலைகள் தொடர்ந்து செயற்பட்டு வருகின்றன. அவற்றுள் இரண்டில் மட்டிலுந்தான் மின்னுற்றலைமட்டிலும் உண்டாக்குவதற்காக அமைந்துள்ளன. ஒன்று, அமெரிக்க நீர்மூழ்கிக் கப்பல் ஒன்றில் இயங்குவது; மற்றொன்று, சோவியத் ரஷ்யாவில் ஒரு சிறிய மின்னுற்றல் உற்பத்தி நிலையத்தில் இயங்குவது. ஏனையவையாவும் சூட்டினையே உற்பத்தி செய்கிறது; இந்தச் சூடு மின்னுற்றல் உற்பத்திக்கு பூர்வாங்க படியாக இருக்கின்றது.

அணு உலையில் அணுப் பிளவு நிகழ்கிறது; கட்டுப்படுத்தப்பெற்ற நிலைகளில், பொது இயல் மின்னிகள் விடுவிக்கப்பெறுகின்றன; தீவிரமான சூட்டுடன்கூடிய கதிர்கள் வீசப்பெறுகின்றன. ஓர் அணு உலையின் இன்றியமையாத பகுதிகள் உள்ளகம், தணிப்பான், கட்டுப்படுத்தும் குச்சிகள், குளிர்ப்பான், காப்புறை என்பவையாகும். (படம் 16.)

உள்ளகம்[4]: இது ஓர் அணு உலையின் நடுப்பகுதியில்—அதன் இதயத்தில்—இருப்பது. இது ஒரு சிறு பகுதிதான்; ஆனுல், மிகவும் சுறுசுறுப்பாக இயங்கும் பகுதி. இதில்தான் பக்குவிடக்கூடிய யு-235 அல்லது புளுட்டோனியம் இருக்

[3] கப்பி - concrete. [4] உள்ளகம் -core.


கப்பிக் காப்புறை
போரன்-எஃகுக் கட்டுப்படுத்து குச்சி
கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கொண்ட அகற்றவல்ல அலுமினியக் குழாய்கள்
பாதுகாக்கும் காரீயக் காப்புறை
நீண்ட பென்சில் கரி கைப்பிடிகள்
அலுமினியக் குழல்களுக்கான துவாரங்கள்
பென்சில் கரித் தணிப்பான்
யுரேனியத்தைக் கொண்ட அலுமினியக் குழல்கள்
உயர்த்தும் கருவி
இரண்டாவது மாடி
முதலாவது மாடி
யுரேனிய 'அடுக்கு'

அணு உலை

படம் 16.

கும். ஒரு பொது இயல் மின்னி இப்பொருளைத் தாக்கிய வுடன் பக்குவிடுதல் அல்லது பிளவுறுதல் தொடர்ந்து நடை பெறுகின்றது. அணுக்களிலிருந்து பறந்து வரும் துணுக்கு கள் பெரு வேகத்துடன் வெளிவருகின்றன; அவை ஆற்றல் முழுவதையும் சூடாகச் சுமந்து செல்லுகின்றன. இந்தக் கிரியை சேய்மையிலுள்ள நட்சத்திரம் ஒன்றிலிருந்து வரும் அண்டக்கதிரை உட்செலுத்தித் தானாகத் தொடங்கும்படி செய்யப் பெறுகின்றது. ஒரு தடவை தொடங்கிவிட்டால், கிரியை தொடர்ந்து நடைபெறும். காரணம் என்ன? வெடிக்கும் ஒவ்வொரு அணுக்கருவிலிருந்தும் இரண்டு அல்லது மூன்று பொது இயல் மின்னிகள் விடுவிக்கப்பெறு கின்றன. இவற்றுள் சில அண்மையிலுள்ள அணுக்கருக் களைத் தாக்கி அவற்றையும் வெடிக்கச் செய்கின்றன; இது தான் தொடர்நிலை விளைவு என்பதும், தன்னுடைய ஆற் றலைக் கொண்டே எப்பொழுது முடிவுறும் என்பதில்லாமல் தொடர்ந்து நடைபெறும் என்பதும், இத் தொடர்ச்சியை நிலைநிறுத்துவதற்குத் தேவையான அளவு பக்குவிடும் பொருள் இருக்கவேண்டும் என்பதும் நமக்கு தெரியும்.

தணிப்பான்[5]: அணு உலையின் உள்ளகத்தில் நடை பெறும் தொடர்நிலை விளைவால் வெளிவரும் பொது இயல் மின்னிகளின் பெரு விசையைக் குறைப்பதற்கு உபயோகப் படுத்தப்பெறும் பொருள்கள் 'தணிப்பான்கள்' என்று வழங்கப் பெறுகின்றன. இந்தப் பொது இயல் மின்னிகளின் வேகம் ஒளியணுக்களின் வேகத்தை ஒத்திருக்கும். அவை மின்சார நடுநிலை வகிப்பதால் அவை இந்த வேகத்தில் மிகவும் துளைத்துச் செல்லக்கூடிய தன்மை வாய்ந்தவை. ஆதலால், அவை உள்ளகத்தை—ஏன் அணு உலையையே— துளைத்துக்கொண்டு எளிதில் தப்பி வெளியே வரக் கூடியவை. இவ்வாறு தப்பி வெளிவரும் மின்னிகளால் ாதொரு பயனும் இல்லை; அவை அணு உலைக்கு ஏற்படும் நஷ்டமே. இதனைத் 'தணிப்பான்கள்' தடுக்கின்றன; அவை பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தைத் தணிக் கின்றன. பொது இயல் மின்னிகள் தணிப்பான்களைத் தாக்

[5] தணிப்பான் - moderator.

கும்பொழுது நீளும் தன்மையுள்ள மோதுதல்[6] நிகழ்கின்றது. பொது இயல் மின்னிகள் தம்முடைய ஆற்றலின் ஒரு பகுதியைத் தணிப்பானுக்களித்து குறைந்த வேகத்தில் பின்னேக்கித் திரும்பி[7] வருகின்றன. இவ்வாறு குறைந்த வேகத்துடனுள்ள பொது இயல் மின்னிகளை யுரேனிய அணுக்கள் 'சிறைப்படுத்தி'[8]த் தொடர்நிலை விளைவு தொடர்ந்து நடைபெறத் துணை புரிகின்றன.

பொது இயல் மின்னி தாக்கும் துணுக்கு பொது இயல் மின்னியைவிட அதிக பளுவானதாக இல்லாதிருந்தால், மேற்குறிப்பிட்ட நீளுந்தன்மையுள்ள மோதுதல்கள் சிறந்த திறனுடன் நடைபெற்றுப் பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தைக் குறைக்கும். ஆகவே, தணிப்பானுக இருக்கும் பொருள்களின் அணுக்கள் மிகவும் சிறிதாக இருக்கவேண்டும் என்ருகின்றது. இன்று சிறந்த தணிப்பானுகப் பயன்படுவது 'கனநீர்'[9] என்பது. இது நீரிய ஓரிடத்தானின் ('கன நீரியம்')[10] ஆக்ஸைடாகும். இதன் அணுக்கள் இரண்டு அலகுகளைப் பெற்றுள்ளன; சாதாரண நீரியத்தின் எடை ஓரலகேயாகும். சாதாரண நீர் என்பது நீரியத்தின் ஆக்ஸைடாகும். ஆனல், இயற்கையில் பளுவான வடிவத்திலுள்ள ஓரிடத்தான் மிகச்சிறிய விகிதத்தில் (5000-ல் ஒரு பாகம்) கலந்திருக்கின்றது. இந்தப் பளுவான ஓரிடத்தானைப் பிரித்தெடுக்கும் கிரியையில் அதிகப் பணச் செலவாகிறது. ஆகவே, ஒரு குவார்ட் அளவுள்ள கனநீர் 100 டாலர் விலையாகிறது. தணிப்பானுகப் பயன்படுவதற்கு அதிக அளவு கனநீர் தேவைப்படுவதால், பெரும்பாலும் இப்பொருளைத் தணிப்பானுகப் பயன்படுத்துவதில்லை.

நடைமுறையில் பென்சில் கரிதான் தணிப்பானுகப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. பென்சில் கரி என்பது 12 அலகுகளைக் கொண்ட கரியணுக்களாலான ஒரு பொருள். பென்சில் கரியின் அணு பொது இயல் மின்னியைவிட

[6] நீளும் தன்மையுள்ள மோதுதல் - elastic collision. [7] பின்னேக்கித் திரும்பு-bounce. [8] சிறைப்படுத்து-capture. [9] கன நீர்-heavy water. [10] கன நீரியம்-heavy hydrogen.

12 மடங்கு கனமானது ; ஆகவே, அது சாதாரணமாக பெரும்பாலான திடப்பொருள்களைக்காட்டிலும் இலேசானது என்றே சொல்லவேண்டும். அன்றியும், பென்சில் கரி பேரளவில் குறைந்த அடக்க விலையில் கிடைக்கக்கூடிய ஒரு பொருளாக இருப்பதால் அப்பொருளாலான கோல்கள்—தாம் பெரும்பாலான அணு உலைகளில் தணிப்பானாகப் பயன்படுகின்றன.

கட்டுப்படுத்தும் கோல்கள் :[11] எல்லாவற்றையும் தக்க முறையில் அமைத்து விட்டால், தொடர்நிலை விளைவு தானாகவே தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றது ; அதை அப்படியே தொடர்ந்து நடைபெறுவதற்கு எவ்வித முயற்சியோ கவனமோ தேவையில்லை. ஆயினும், மிக விரைவாகவோ அதிகமாகவோ நடைபெருது அதனைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டும். எனவே, அதன் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தக் கூடிய,—வேண்டுமானால் குறைத்து நிறுத்தவும் வல்ல,—சாதனம் ஒன்று இருக்கவேண்டும் என்றாகிறது. ஓர் அணு உலையில் இச்சாதனம் மிக எளிதாக அமைக்கப் பெறுகின்றது. பொது இயல் மின்னிகளை விழுங்கித் தான் யாதொரு விதமாற்றமும் அடையாத பொருளாலான கோல்கள் அல்லது தகடுகளை அமைத்து அவற்றில் இப்பொது இயல் மின்னிகளைத் தாக்குமாறு செய்து இச்சாதனத்தை அமைக்கின்றனர். அத்தகைய பொருள்கள் கிடைப்பது மிகவும் அரிது. ஆயினும், சாதாரணமாகக் கிடைக்கும் போரான்[12] காட்மியம் என்ற இரண்டு பொருள்கள் அச்செயலை நன்றாக நிறைவேற்றுகின்றன. இவ்விரண்டிலும் காட்மியம்தான் நடைமுறைக்கு மிகவும் உகந்தது. எனவே, வெளியிலிருந்து காட்மியம் கோல்களை உள்ளகத்தில் செருகி நாம் விரும்பும் பொழுது அவற்றை எடுப்பதற்கும் மீண்டும் வைப்பதற்கும் ஏற்றவாறு அமைத்த அணு உலைகள் நிறுவப்பெறுகின்றன. இந்தக் கோல்கள் சரியாக வைக்கப் பெற்றுவிட்டால் அவை தானாகப் பக்குவிடும் எரியையின் ஒரு சில அணுக்களினின்

[11] கட்டுப்படுத்தும் கோல்கள்-control rods.

[12] போரான்- boron.

றும் வெளியாகும் பொது இயல் மின்னிகளைக் களவாடி—விழுங்கி—வேறு யுரேனியக் கருக்களைத் தாக்காதபடி செய்து விடுவதோடன்றி மேலும் கிரியை நடைபெருதபடியும் தடுத்துவிடுகின்றன. அவற்றைப் படிப்படியாக உள்ளகத்தி னின்றும் நீக்கினுல் தொடர்நிலை விளைவு தொடங்கி அதற்கு ஒருவேகமும் படிப்படியாக ஏற்பட்டுவிடுகின்றது. காட்மியம் கோல்களைச் சரிப்படுத்தி அவ்வியக்கத்தை நாம் விரும்பும் நிலையில் வைக்கலாம்; அல்லது அவற்றை முழுவதும் உள்ளுக்குள் செலுத்தித் திடீரென்று அதனை நிறுத்திவிடவும் செய்யலாம். பாதுகாப்பாக இருப்பதற்குக் கட்டுப்படுத்தும் கோல்கள் சில கருவிகளால் தாமாக இயங்குமாறு செய்யப் பெறுகின்றன. இக்கருவிகள் ஒரு சமயத்தில் பறந்து செல்லும் பொது இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கைகளை அளந்து காட்டவும் செய்யும். இதனைப் 'பொது இயல் மின்னி இளக்கி'[13] என்று வழங்குவர்.

குளிர்ப்பான்:[14] அணுஉலையின் முதல் நிலைப்பொருள்[15] ஆற்றலாகும். வெடிக்கும் ஒவ்வொரு யுரேனியக் கருவி னின்றும் நேரடியாக மிக உயர்ந்த வேகத்துடன் விடுவிக்கப் பெறும் இரண்டு அல்லது மூன்று துணுக்குகளால் அவ் வாற்றல் விடுவிக்கப் பெறுகின்றது. அவை அணு உலையி லுள்ள எல்லாப் பொருள்களிடமும் மோதுகின்றன; அவை யாவும் பொருண்மை பெற்றிருப்பதாலும், அணு போன்று சிறிதாயிருப்பதாலும், எல்லாப் பொருள்களையும் அதிர்வு[16] அடையச் செய்கின்றன; அதைத்தான் நாம் சூடு என்று சொல்லுகின்ருேம். தொடர்நிலை விளைவு நின்றதும், பொருள் கள் யாவும் உள்ளகத்தில் படிப்படியாக வேதியல் மாசுக ளாகத்[17] திரளுகின்றன. சாதாரணமாக ஓர் உலையிலுள்ள சாம்பரை அகற்றுவதுபோலவே, இவற்றையும் உலையி னின்று அகற்றுதல் வேண்டும். ஆனல், அணு உலையி

---

[13] பொது இயல் மின்னி இளக்கி–'neutron flawx' [14] குளிர்ப் பான்-coolant [15] முதல்நிலைப் பொருள்- primary product [16] அதிர்வு-vibration

[17] வேதியல் மாசுகள்-chemical impurities.

னின்றும் எழும் சூட்டுநிலை கட்டுக்கடங்காமல் போகாதிருக்க சூட்டினையும் அகற்றவேண்டும்.

முதன்முதலாக நிறுவப்பெற்ற அணு உலைகளில் காற்றைச் சுழன்றுவரச்செய்து சூட்டை அகற்றினர். இன்று சில பெரிய அணு உலைகளில் கரியமில வாயுபோன்ற வாயுக்கள் அதிக அழுத்தத்தில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. பிறவற்றில் அதிக அளவுள்ள நீர் பல குழல்களில் உலை முழுவதும் சுற்றி வருமாறு அமைத்துச் சூடு குறைந்த நிலையில் இருக்குமாறு செய்யப்படுகின்றது. ஒரு பெரிய உலையில் ஓர் ஆறு முழுவதும்கூட தேவைப்படலாம். புளூட்டோனியம் உற்பத்திக்காகவும், பிரத்தியேகமான ஓரிடத்தான்களின் உற்பத்திக்காகவும், வீடுகட்டும் பொருள்களைப் பொது இயல் மின்னிகள் பாதிக்கின்றன என்று ஆராயும் ஆராய்ச்சியிலும் பயன்படும் அணு உலைகளில் வெளிவரும் சூடு முழுவதும் இவ்வாறு வீணுக்கப்பெற்றது. அமெரிக்காவில் ஹான்போர்டு என்னுமிடத்தில் நிறுவப்பெற்ற யுரேனிய அடுக்கில் வெளியான சூட்டினைக் கொலம்பியா ஆற்றுநீரில் கரைத்து வீணுக்கினதை மேலே கண்டோமல்லவா?

ஆனுல், அணுவாற்றலின் அடிப்படையில் அமைந்த மின்சார உற்பத்திச்சாலையில் இந்தச் சூடு முழுவதையும் கைப்பற்றி அதனைப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும். அந்தச் சூட்டினை அணு உலையின் உட்பகுதியினின்றும் ஒரு கொதிகலன்[18] அல்லது சூட்டினைப் பயன்படுத்தும் வேறு சாதனத்திற்கு மாற்றப்பெறுதல் வேண்டும். காற்றினைக்கொண்டு சூட்டினைச் சேகரித்து வெளியில் கொண்டுசெல்லுவதைத் திறனுகச்செய்ய இயலாது. நீர் மிகக் குறைந்த சூட்டு நிலையிலேயே கொதிப்பதால், அது அவ்வளவாகப் பயன்படுவதில்லை. பாதரசம் போன்ற உயர்ந்த சூட்டு நிலையில் கொதிக்கக்கூடிய திரவங்களைப் பயன்படுத்தலாம்; குறைந்த பரிமாணமுள்ள திரவத்தைக்கொண்டு அதிக அளவு சூட்டினை எளிதில் வெளியேற்றலாம். அருகிய நிலையிலுள்ள சோடியமும் பொட்டாசியமும் கலந்த கலவை உலோகம் இதற்குப் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றது.

[18] கொதிகலன்-boiler

எனவே, குளிர்ப்பான் என்ற பகுதி அணு உலையை அதிகச் சூடாகாமல் பாதுகாப்பதுடன், சூட்டினை உற்பத்தி செய்யும் உலையையும் இந்தச்சூட்டினை மின் சா ர மா க மாற்றும் ஆற்றல் நிலையத்தினையும் இணைக்கும் இன்றி யமையாத சாதனமாகவும் பயன்படுகின்றது. இதனைப் பின்னர்க் காண்போம்.

காப்புறை[19]: அணுஉலை இயங்குவதில் முக்கிய பங்கு கொள்ளாவிடினும், இன்னொரு முக்கிய பகுதி அணுஉலையில் இன்றியமையாததாக உள்ளது; அதுதான் காப்புறை எனப் படுவது. அது மிகவும் பளுவான பெரும் பகுதியாகும்; உலை முழுவதும் சூழ்ந்திருக்கும் பகுதி அது. உலையினுள் ளிருந்து ஊடுருவிக் கொண்டு வெளிவரும் கதிர்கள் வேலை செய்வோரைத் தாக்காமல் பாதுகாக்க இக் காப்புறை பயன் படுகின்றது. அணு உலைகளில் இரண்டுவித விபத்துக்கள் நிகழும். ஒன்று: பயன்படுத்துவதற்கு எவ்வளவோ முயன் றும் அதில் கட்டுப்படாமல் மிக உயர்ந்த வேகத்துடன் வெளிப்படும் பொது இயல்மின்னிகள்; இரண்டு: உட்கரு வெடித்தலால் உற்பத்தியாகி வெளிவரும் காமா - கதிர்கள். காமா - கதிர்கள் என்பவை புதிர்க் கதிர்களைவிட மிகவும் ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியவை; குறைந்த அலை நீளங்களை யுடைய கதிர்வீச்சாக வெளிப்படுபவை. பொது இயல் மின்னிகள் குறைந்த நேரம் தாக்கினுலும் உயிருக்கு ஆபத்து விளையும்; சற்று அதிக நேரமிருந்தால் காமா - கதிர்களும் மறலித் தன்மையை விளைவித்துவிடும். எனவே, கிட்டத் தட்ட ஏழடி கனமுள்ள கப்பியாலான காப்புறை யொன்று அணுஉலையின் எல்லாப் பக்கங்களும் சூழ்ந்திருக்குமாறு அமைக்கப் பெறுகின்றது. இது இந்தக் கதிர்களை உறிஞ்சி விடுகின்றன. குறைந்த கனமுள்ள எஃகு அல்லது காரீயக் காப்புறையையும் பயன் படுத்தலாம். ஆனல், உறிஞ்சும் செயல் பளுவான அணுக்களை கொண்ட தடித்த சுவர்களில் தான் நடைபெறும்; பிறவொன்றிலும் அச்செயல் நடைபெற இயலாது.

[19] காப்புறை - shield

இந்தக் காப்புறைதான் மிகச் சிறியதொரு அணு உலையையும் மிகப்பெரிய வடிவுடைய தாக்குகின்றது. இதனால் தான் அணுஉலையைக் கொண்டு தானோடிகளை இயக்க முடிகிறதில்லை; சிறிய வீடுகளிலும் சூடு உண்டாக்கப் பயன் படுத்த இயலுவதுமில்லை. பெரிய ஆற்றல் நிலையங்களில்தான் பளுவான காப்புறை பயன்படுவது சாத்தியமானது.

புளூட்டோனிய உற்பத்தி: இன்று பல்வேறு வித அணு உலைகள் நடைமுறையில் செயற்பட்டு வருகின்றன. அவற் றுள் முதன்மையானதாகவும் முக்கியமானதாகவும் இருப்பது சாதாரண யு-238ஐ புளூட்டோனியமாக மாற்றும் அணு உலைதான் என்று சொல்லவேண்டும். இதில் மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்வது அவ்வளவு முக்கியமானதன்று. புளூட் டோனியம் என்ற தனிமம் இயற்கையில் கிடைப்பதில்லை. ஓர் அணு உலையைக் கொண்டு யு-238லிருந்து புளூட்டோ னியம் உற்பத்தி செய்யப் பெறுகின்றது. யு-235ஐப் போலவே புளூட்டோனியமும் சிறந்த பக்குவிடும் பொருள் என்பதை நாம் அறிவோம். இவ்வாறு பயன்படாத யுரே னியம்-238 பயன்படும் பொருளாக ஆக்கப் பெறுகின்றது. இதனால் உலகிலுள்ள அணு எரியை 140 மடங்கு பெருக்கப் பெறுகின்றது என்பதை நாம் மகிழ்வுடன் அறிந்து கொள்ளு கின்றோம்.

கொள்கையளவில் இது மிகவும் எளிது என்பதை முன்னர்க் கண்டோம். யு-235 சிதைந்தழிவதிலிருந்து வெளிப்படும் பொது இயல் மின்னி ஒன்றினை யு-238 விழுங்கி யு-239 ஆகிறது. இந்த யு-239 தானாக மிக விரைவில் புளூட்டோனியமாக மாறுகின்றது. நடைமுறை யில் இம்மாற்றத்தைப் பயனுள்ள முறையில் சமாளிப்பதற்கு மிகுந்த சாமர்த்தியம் வேண்டும். அஃதாவது, யு-235 லிருந்து வெளிப்படும் பொது இயல் மின்னிகளனைத்தை யும் கூடிய வரை யு-238ன் அணுக்கள் விழுங்கும்படி செய் தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு யு-235ன் கருவும் வெடிக்கும் பொழுது இரண்டு அல்லது மூன்று பொது இயல் மின்னிகள் உண்டாகின்றன. இவற்றுள் ஒன்று மற்றொரு யு-235ன்

கருவினை வெடிக்கச்செய்து கிரியைத் தொடர்ந்து நடைபெறச் செய்யவேண்டும். எரிவதற்குப் பயன்படும் எரியையைவிட அதிகமான எரியை உண்டாக்கப் பெறவேண்டுமானால் மூன்றினுள் எஞ்சியிருக்கும் ஒன்று அல்லது இரண்டு பொதுஇயல் மின்னிகளும் புளூட்டோனியம் உற்பத்தி செய்வதில் திறனுள்ளவைகளாக இயங்கவேண்டும். அஃதாவது, பொது இயல் மின்னிகளின் இழப்பு நேரிடக் கூடாது; தணிப்பானையும் மிகப் பாதுகாப்பாகக் கையாண்டு யு-238ன் அணுக்கள் சிறையிடுவதற் கேற்றவாறு பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தைத் தணிக்கவேண்டும். புளூட்டோனியம் யுரேனியத்துடன் கலந்து உள்ளகத்தில் திரண்டு கொண்டேயிருக்கும். ஒரு சமயத்தில் உள்ளகத்தை அகற்றி இரண்டு பொருள்களையும் வேதியல் முறையில் பிரிக்க வேண்டிய நிலையும் ஏற்படும். இவ்வாறு செய்வது மிகவும் கஷ்டமான செயல். காரணம், உள்ளகத்திலுள்ள வேறு துணுக்குகளின் கதிரியக்கம் இதனைக் கடுமையானதாகச் செய்து விடுகின்றது. இதனைப் பின்னர்க் காண்போம்.

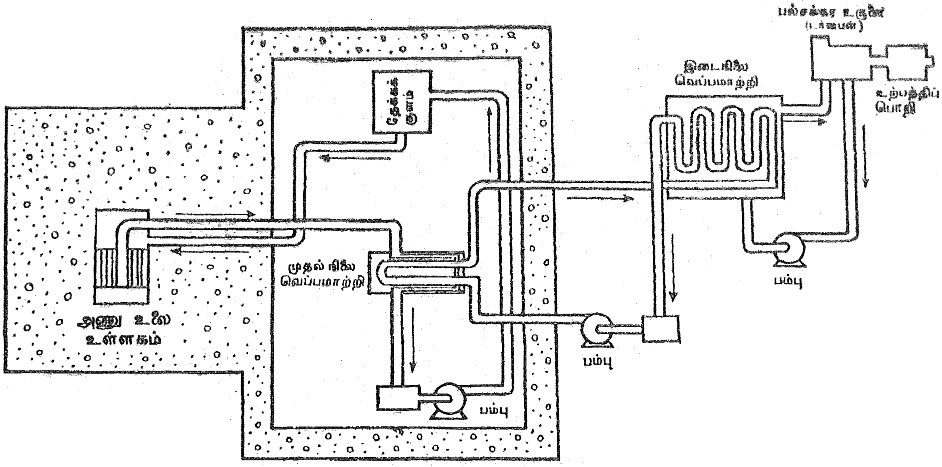
அணு உலைகளின் ஆரம்ப நிலை: அணு உலைகள் அமைக்கப் பெற்ற வரலாற்றைக் கவனித்தால், முதன்முதலாக அவை தொடர்நிலை விளைவு சரிவர இயங்குமா என்று கண்டறிவதற்காகவே நிறுவப் பெற்றன. அதன்பிறகு அணு குண்டுகளில் பயன்படும் புளூட்டோனிய உற்பத்திக்காகவே அவை அமைக்கப்பெற்றன. அதன்பிறகுதான் பல்வேறுவித அணு உலைகள் நிறுவப் பெற்றன. அவை யாவும் அணு உலையின் தத்துவங்களைச் சீரிய முறையில் பரிசீலித்து அணு பௌதிக வளர்ச்சிக்காக அறிஞர்கள் நிறுவியவை. எல்லா அணு உலைகளிலும் மின்னாற்றல் உற்பத்தியாயிற்று; சிலவற்றில் அது மிகக் குறைவாகத்தான் இருந்தது. அவை ஒவ்வொன்றிலும் உண்டான மின்னாற்றலைப் பயன்படுத்த முடியும் என்று சொல்லும் அளவுக்கு அதிகமாக உண்டாகவில்லை என்றுதான் சொல்லவேண்டும்.

பயனுள்ள அணு உலை: எதிர் காலத்தில் மிகவும் பயன்படக்கூடிய அணு உலை பிரீடர் வகை உலையாகும். இத்

தகைய அமைப்பு உலை யொன்று போர்க் காலத்தில் அமெரிக்காவில் நிறுவப் பெற்றது; அது புளூட்டோனிய உற்பத்திக்கு மட்டிலும்தான் பயன்படுத்தப் பெற்றது. ஆனால், ஆர்க்கான் தேசிய ஆய்வகத்தில்[20] முதன் முதலாக அமைக்கப்பெற்ற அணு உலையில்தான் மின்னாற்றலையும் பரிசோதனை மூலம் காட்டினர்; புதிய பக்குவிடும் எரியையும் உண்டாக்கப் பெற்றுக் காட்டப் பெற்றது. முதன் முதலாக அமைத்த பிரீடர் வகை அணு உலை[21] 1400 கிலோவாட் சூடும் 170 கிலோ வாட் மின்னாற்றலும் வெளிப்பட்டன. இதையே சற்று முன்னேற்ற முறையில் அமைக்க இருக்கும் அணு உலையில் 62,500 கிலோ வாட் சூடும் 15,000 கிலோ வாட் மின்னாற்றலும் உண்டாக்கலாம் என்று கூறுகின்றனர். இது இன்னும் திட்ட நிலையில்தான் உள்ளது; விரைவில் இது நடைமுறைக்கு வருதல் கூடும். எதிர்காலத்தில் இம்மாதிரி அமைப்புதான் எங்கும் பெரு வழக்காக வரும் மின்னாற்றல் நிலையமாகும். பரிசோதனை நிலையிலுள்ள இதிலிருந்து எதிர் காலத்தில் அமைக்கப் பெறும் மின்னாற்றல் நிலையங்களைப் பாதுகாப்பாகவும் திறமையாகவும் எவ்வாறு இயக்கலாம் என்பதைக் கண்டறியலாம்.

பிரீடர் வகை அணு உலை : புளூட்டோனிய உற்பத்தியில் பயன்படும் அணு உலையில் சூடு உற்பத்தியாகின்றது என்பதையும், சூட்டையும் மின்னாற்றலையும் உற்பத்தி செய்யும் அணு உலையில் புளூட்டோனியத்தையும் உற்பத்தி செய்யலாம் என்பதையும் நாம் அறிவோம். இந்த இரண்டையும் ஒரே அணு உலை உற்பத்தி செய்யுமாறு அமைத்து விட்டால் அது நிறைந்த பலனை விளைவிக்கும் என்பதற்கு ஐயமில்லை. இத்தகைய அணு உலையில் பேரளவில் பயன்படும் மின்னாற்றலையும் உண்டாக்கலாம்; புளூட்டோனியத்தையும் உற்பத்தி செய்து கொள்ளலாம். பயன்படும் ஒவ்வொரு யு-235 அணுவிற்கும் ஒவ்வொரு புளூட்டோனிய அணுவை உற்

[20] ஆர்க்கான் தேசிய ஆய்வகம் - Arggonne National Laboratory. [21] பிரீடர் வகை அணு உலை - Breeder type reactor.



படம் 17. பிரீடர் அணு உலை

அமெரிக்கப் பரிசோதனைத் திட்டத்தில் இது விரைவாகச் செயற்படும் உலையாகும். இதில் ஒரு புளூட்டோனிய உள்ளகம் உண்டு; இதில் தணிப்பான் இல்லை; ஆனால், உள்ளகம் இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியம் "கம்பளம்போல்" சூழப்பெற்றுள்ளது (செங்குத்து நிலையிலுள்ள கறுப்புக் கோடுகள்). திரவ நிலையிலுள்ள சோடியத்தைச் சுழலச் செய்து அடக்கமான உள்ளகத்திலிருந்து சூடு அகற்றப் பெறுகின்றது. கப்பியாலான காப்புறையொன்று உலையையும் கதிரியக்கமுள்ள சோடிய அமைப்பையும் சூழ்ந்திருக்கின்றது.

பத்தி செய்யக்கூடுமானால், அதில் எரியையே செலவாக வில்லை என்றுதான் சொல்ல வேண்டும். ஏனெனில், பயன் பட்ட எரியை யெல்லாம் திரும்பவும் உண்டாக்கப்பெற்று விடுகின்றது. இத்தகைய அணுஉலை யொன்றினை மூன்றாண்டு கள் உபயோகப்படுத்தித் தான் பயன்படுத்துவதைக் காட்டி லும் அதிகமான எரியையை உலை உண்டாக்குகிறது என்று அமெரிக்க அணுக்குழு நிரூபித்திருக்கின்றது (படம்-17) அது எரியையைப் பிறப்பிப்பதால் அதற்கு பிரீடர் அணு உலை என்று பெயர் ஏற்பட்டது. ஆங்கிலத்தில் breed என்றால் பிறப்பி என்பது பொருள். இந்த அணு உலையைக் கொண்டு மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்வதில் இரு நன்மைகள் உண்டு. ஒன்று ; உடன் விளைவுப் பொருளாகக் கிடைக்கும் புளூட் டோனியத்தை நல்ல விலைக்கு விற்கலாம்; இதனால் அணு உலை இயங்குவதால் உண்டாகும் செலவைக் குறைக்கலாம். இரண்டு ; மொத்தச் செலவு குறைவதனால் கிடைக்கும் மின்னாற்றலும் குறைந்த விலைக்குக் கிடைக்கின்றது. புளூட் டோனியம் உற்பத்தியாதலால் யு-238 குறைந்துகொண்டே வரும்; ஆகவே, அடிக்கடி அணு உலையில் யு-238ஐப் போட்டுக்கொண்டே யிருத்தல் வேண்டும்.

ஒரு பிரீடர் அணு உலையின் உள்ளகத்தில் யு-235 வைக்கப் பெற்றிருக்கும் ; புளூட்டோனியத்தையும் அதில் வைப்பதுண்டு. உள்ளகத்தின் அளவு கிட்டத்தட்ட ஒரு 'கூடைப் பந்து'[22] அளவு இருக்கும். அதைச் சுற்றிலும் யு-238 கம்பளம்போல் சூழ்ந்திருக்கும். யு-235 லிருந்து விடுவிக்கப் பெறும் பொது இயல் மின்னிகள் விரைந்து வந்து யு-238 ன் அணுக்களைத் தாக்குகின்றன. இதனால் நடை பெறும் உட்கரு மாற்றத்தில் புளூட்டோனியம் உற்பத்தி யாகின்றது. திரவ நிலையிலுள்ள சோடியம் யுரேனிய உள்ள கத்தில் புதைந்துள்ள குழல்களின் வழியாகக் குளிர்ப்பானாகப் பாய்கின்றது. திரவ நிலையிலுள்ள அவ்வுலோகம் மிக அதிக மாகச் சூடாக்கப் பெற்று, கொதி கலனில் நீராவியை உண் டாக்கும் வரை, பல்வேறு படிகளைக் கடந்து செல்லுகிறது.

[22] கூடைப் பந்து - basket ball.

நீராவி ஒரு பல் சக்கர உருளையைச்[23] சுழற்றுகிறது; இது மின்னாக்கப் பொறியின் பிணைகையைச்[24] சுற்றி மின்னாற்றலை உண்டாக்குகிறது. பெரும்பாலான அறிவியல் நிபுணர்கள்[25] பிரீடர் அணு உலையை மிகவும் சிறந்தது என்று சொல்லுகின்றனர். ஏனெனில், அந்த உலை பக்குவிடக்கூடிய எரியையை உண்டாக்குகிறது; அதே சமயத்தில் மின்னாற்றலையும் உற்பத்தி செய்கிறது. முதன் முதலாக நிறுவப் பெற்ற சோதனை பிரீடர் அணு உலையில், தான் உண்டாக்கின எரியையைவிட அதிகமான எரியையை விழுங்கியது. ஆயினும், இன்று பல அறிஞர்கள் ஆராய்ந்து அமைத்துள்ள அணு உலைகளில் உபயோகப் படுத்தப்பெறும் எரியையை விட அதிகமான எரியை உற்பத்தி செய்யப் பெறுகின்றது. அண்மையில் ஆங்கில நாட்டு அறிவியலறிஞர்கள் அமைத்த பிரீடர் உலையில் செலவாகும் எரியையைவிட இருமடங்கு எரியை உற்பத்தியாகிறது என்று அறிகின்றோம்.

புதிய அணு உலகில் ஒரு அணு உலை தான் உபயோகிக்கும் எரியையைவிட அதிகமான எரியையை உண்டாக்குதல் மட்டிலும் ஒரு வியப்பன்று. பல்வேறு சிறந்த அம்சங்களில் இதுவும் ஒன்று. எதிர்காலத்தில் நிலக்கரி முதலிய வேறு எரியைகளைப் பயன்படுத்தும் மின்னாற்றல் நிலையங்களுக்குப் பதிலாக அணுவாற்றல் நிலையங்களே எங்கும் அமைக்கப்பெறலாம் என்று நாம் நிச்சயம் எதிர்பார்க்கலாம்.

பலவகை உலைகள்: இன்று பல்வேறு பிரத்தியேகமான அணு உலைகள் சோதனை நிலையில் உள்ளன. ஓர் உலையில் எரியையாகப் பயன்படும் யுரேனியக் கோல்களுக்குப் பதிலாக யுரேனிய உப்பு நீர்க் - கரைசலை (நைட்ரேட் அல்லது சல்பேட்) உபயோகிக்கின்றனர். இது எரியையையும் தணிப்பானையும் ஒன்றாக இணைக்கிறது. இது ஓர் எஃகாலான பாத்திரத்தில் வைக்கப்பெற்றிருக்கிறது; இதைச் சுற்றிலும் சுருளாக அமைந்துள்ள குழல்களில் நீர் சுற்றிக்கொண்டு

---

[23] பல்சக்கர உருளை - turbine. [24] பிணை கை - armature. [25] நிபுணர்கள் - experts.

வருகிறது. மற்றொரு அணு உலையில் உள்ளகமும் தணிப்பானும் 20 அடி ஆழமுள்ள நீரில் தொங்கவிடப் பெற்றுள்ளன; இவ்வமைப்பு குளிர்ப்பானாகவும் காப்புறையாகவும் பயன்படுகின்றது. இன்னொரு உலையில் நீரில் கரைந்த யுரேனிய உப்பின் கலவை எரியை, தணிப்பான், குளிர்ப்பான் ஆகிய மூன்றுவித செயல்களுக்கும் பயன்படுகின்றது. இன்னும் சில வகை உலைகளில் தூய்மையான யு-235 உள்ளகத்தில் பயன்படுகின்றது; இவற்றில் இயற்கை யுரேனியத்துடன் யு-235 ஐப் பல்வேறு சத விகிதங்களில் கலந்தும் அல்லது இயற்கை யுரேனியத்தைத் தனியாகவும் பயன்படுத்தச் செய்கின்றனர். அண்மையில் அமைக்கப் பெற்ற ஓர் உலையில் பென்சில் கரி அல்லது கன நீருக்குப் பதிலாக பெரிலியம் என்ற மிக இலேசான உலோகம் தணிப்பானகப் பயன்படுகின்றது. இன்னொரு முக்கியமான உலை ஆராய்ச்சிக்கு மட்டிலும் பயன்படுகிறது. அதில் பொது இயல் மின்னிகளைக் கொண்டு பல்வேறு பொருள்களை ஆய்ந்து எவை தேய்மானமின்றி அதிகக் காலத்திற்கு நீடிக்கும் என்று கண்டறிகின்றனர். பல்வேறு வகை எஃகு, ஸர்கோனியம், வேறு உலோகங்கள் ஆகியவை பல்வேறு சூட்டு நிலைகளில் பொது இயல்மின்னிகளின் தாக்குதலுக்கு உட்படுத்தப்பெறுகின்றன. மற்றொரு அணு உலையில் ‘பொது இயல் மின்னிகளின் புயலை’ உண்டாக்கி மருத்துவத்துறை, பிற துறைகள் ஆகியவற்றில் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைச் சாதாரணப் பொருள்களிலிருந்து உற்பத்தி செய்கின்றனர். இக்கூறியவற்ருல் அணு உலை அமைப்பின் சோதனைக் காலம் இன்னும் முடிவுறவில்லை யென்றும், புதிய கண்டுபிடிப்புக்களும்[26] புதிய அமைப்புக்களும்[27] எதிர் காலத்தில் நிறுவப்பெறும் அணு உலைகளைச் சிறப்புடையனவாக்கும் என்றும் அறிகின்ருேம்.

ஏனைய உலைகள்-அணு உலைகள் : வேறுபாடுகள் : இவ்விடத்தில் ஏனைய உலைகளுக்கும் அணு உலைகட்கும் உள்ள வேறு

[26] கண்டுபிடிப்புக்கள் - discoveries. [27] அமைப்புக்கள்- designs.

பாடுகளை அறிந்துகொள்ளுதல் பொருத்தமானதும் இன்றி யமையாததுமாகும். இரண்டிலும் சூடு உண்டாதல், இறுதியில் சாம்பர் எஞ்சுதல் ஆகிய அம்சங்களில் மட்டிலும்தான் இரண்டுவகையும் ஒரு மாதிரியாகவுள்ளன. கீழ்க்கண்டவற்றை மிகவும் முக்கியமான வேறுபாடுகளாகக் கருதலாம்.

1. இரண்டுவகை உலைகளிலும் உண்டாகும் சூட்டின் அளவு பெரிய அளவில் வேறுபடுகின்றது. ஓர் இராத்தல் யு-235 யுரேனியத்தைத் தொடர்நிலைவிளைவு முறையில் எரிப்பதால் ஓர் இராத்தல் நிலக்கரிதரும் சூட்டைவிட 2,600,000 மடங்கு சூடு அதிகமாக வெளிப்படும். இதுதான் அணு உலை அமைப்பதற்குப் பெருங்காரணமாக இருக்கின்றது.

2. அணு உலைகளுக்குக் காற்று தேவையில்லை; ஏனைய உலைகள் காற்றிருந்தால்தான் இயங்கும். அணு உலைகள் கண்ணுக்குப் புலனுகாத பல கோடிக்கணக்கான பொது இயல் மின்னிகளால் இயக்கப்பெறுகின்றன. பொது இயல் மின்னிகள் அணுக்களைப் பிளவுறச் செய்வதோடன்றி, தொடர்நிலை விளைவில் அவை அதிகமாக உற்பத்தியாவதற்கும் காரணமாகவுள்ளன. ஆகவே, பூமிக்குள் அமைக்கப் பெறும் தொழிற்சாலைகளிலும், சுரங்கங்களிலுமுள்ள இயந்திரங்கள் இயங்கவும், நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களிலும், யுரேனிய இயந்திரங்கள் பயன்படலாம். பூமியிலிருந்து கிளம்பிச் சந்திரனையும் ஏனைய கோள்களையும் அடைய அறிவியலறிஞர்கள் நீண்ட நாட்களாகவே முயன்று வருகின்றனர். அண்மையில் வானத்தில் பறந்துசென்று இப் பூமண்டலத்தைப் பலமுறை சுற்றிய இரண்டு இரஷ்யச் சந்திரன்களையும் கண்டோம். புவிக்கவர்ச்சியைத்தாண்டி அப்பாற்செல்லத் தேவையான ஆற்றலை அணுப்பிளவினுல்தான் பெறமுடியும். சந்திர மண்டலத்திற்குப் போகவேண்டும் என்ற அறிவியலறிஞர்களின் நெடுநாட் கனவும் விரைவில் நனவாகக்கூடும்.

3. ஏனைய உலைகளில் பூமியிலிருந்து இயற்கையாகக் கிடைக்கும் நிலக்கரி, கட்டைகள், பெட்ரோலியம் போன்ற எரியைகள் பயன்படுகின்றன. ஆனுல், அணு உலைகளில் இயற்கையாகக் கிடைக்கும் யு-235 மட்டிலும்தான் பயன்

படுகின்றது. இப்பொருள் இயற்கை யுரேனியத்தில் 0·7 சதவிகிதம்தான் இருக்கிறது. ஆனால், நல்லகாலமாக யு-233ம் தோரியமும் செயற்கை முறையில் மாற்றப்பெறு கின்றன. அணு உலைகள் எதிர்காலத்தில் பெருகுவதற்கு இது ஒரு முக்கிய காரணமாகும்.

4. ஏனைய உலைகளில் எரியும் தீயைக் கண்ணால் காணலாம். அணு உலைகளில் உண்டாகும் தீ கண்ணுக்குப் புலப்படாது. அணு உலை செயற்படுங்கால் கண்ணுக்குப் புலனாகாத கதிரியக்க வீச்சுக்கள் உண்டாகின்றன. இக்கதிர் கள் புதிர்க் கதிர்களைப் போன்றவை. இவை உயிருக்கும் ஆபத்து உண்டாக்க வல்லவை; பிற பொருள்களையும் கேடுறச் செய்ய வல்லவை. எனவே, இத் தீயைச் சுற்றிலும் காரீயம் அல்லது கப்பியாலான காப்புறை அமைக்க வேண்டியிருக்கின்றது. அன்றியும், அணு உலையில் எஞ்சும் சாம்பரும் பல நீண்டகாலம் ''சூடாகவே'' (கதிரியக்க முள்ளதாகவே) இருக்கின்றது. அஃதாவது, பல கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் அதிலிருக்கின்றன. இவற்றைப் பாதுகாப் பான முறையில் கையாள வேண்டும்.

5. ஏனைய உலைகளில் தீயிடுவதில் யாதொரு நிபந் தனையும் இல்லை. அணு உலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட குறைந்த அளவு எரியை இருந்தால்தான் அதனைச் செயற்படச் செய்ய இயலும். இந்தக் குறிப்பிட்ட அளவைத் 'தறுவாய் நிறை'[28] என்று வழங்குவர். தறுவாய் நிறைக்குக் குறைவான பொரு ளில் தொடர்நிலை வினைவு சரிவர நிகழாது. இந்நிறைக்கு அதிகமான பொருளில் ஒரு பொது இயல் மின்னி தற்செய லாக வந்தடைந்தாலும் போதும்; தொடர்நிலை வினைவு தொடர்ந்து நடைபெற்று விடும்.

அணு எரியைகளின் நன்மைகள்: ஏனைய உலைகளில் பயன்படும் எரியைகளைத் தொலைவிடங்களிலிருந்து கொண்டு வருவதற்குப் பெருஞ்செலவு ஏற்படுகின்றது. எடுத்துக் காட்டாக சென்னை மின்னாக்க நிலையத்திற்குத் தேவையான நிலக்கரி வடநாட்டிலிருந்து வருகிறது; இதற்கு வண்டிச்

[28] தறுவாய் நிறை - critical mass.

சத்தம் அதிகமாகிறது. இக்காரணத்தால் மின்னுற்றலின் விலையும் அதிகமாகிறது. இத்தகைய பகுதிகளில் தொழில் வளர்ச்சி தடைப்படுதல் கூடும். யுரேனிய நிலையத்தில் இக் குறை தவிர்க்கப்பெறுகின்றது. அதிகமான ஆற்றலை விளை விக்கக் குறைந்த அளவு யுரேனியமே தேவை; அதைக் கொண்டு வருவதற்கு ஏற்படும் வண்டிச் சத்தமும் மிகக் குறைவு. தொழில் வளர்ச்சியில் பிற்போக்குள்ள பகுதிகள் யுரேனிய ஆற்றலைப் பயன்படுத்திப் பெரு நன்மை அடையலாம்.

யுரேனிய இயந்திரங்கள் கனமாக இருப்பதால் மோட் டாரைப் போன்ற சிறு வண்டிகளிலும், விமானங்களிலும் பயன்பட வழியில்லை. குறைந்த எடையுள்ள இயந்திரங்கள் அமைக்கக் கூடுமானல், இவற்றில் பயன்படலாம். ஆயி னும், பெருங் கப்பல்களில் இவை பயன்பட வழியுண்டு. குறைவான அளவு யுரேனியத்தைக் கொண்டு நெடுந் தொலைவு வண்டிகளை இயக்கலாம். எரியைகளின் எடை குறைவதால், இயந்திரத்தின் கனம் ஒருவாறு ஈடு செய்யப் பெறுகின்றது. எதிர்காலத்தில் இவை நெடுந்தொலைவு விமா னங்களில் பெரு வழக்காகப் பயன்படுதல் கூடும். இவ்விமா னங்கள் எண்ணெய்க்காக அடிக்கடி விமான நிலையங்களை அடைய வேண்டியதில்லை.

எதிர்காலத்தில் கனிப்பொருள்களை வெட்டி எடுப்பதில் வெடி மருந்துக்களுக்குப் பதிலாக யுரேனியத்தைப் பயன் படுத்தலாம். யுரேனியச் சிதைவினல் பெரும் அணுவாற் றலைப் பயன்படுத்தி மலைகளையும் தோண்டி எடுக்கலாம். எதிர்காலத்தில் கனித் தொழில்களில் புரட்சிகரமான மாறு தல்கள் நிகழலாம். இன்று இரஷ்யாவில் மலைகளைப் பிளக்க அணுவாற்றல் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றதாக அறிகின்ரேம்.

7. மின்ஞற்றல்

பொருளாதார உலகில் பணத்தின் மகிமையை நாம் அறிவோம். உலகிலுள்ள எந்தப் பொருளையும், எந்தச் சொத்தையும் ரூபாய் அணு பைசாவில் பேசுகின்ரேம். மேல் நாடுகளில் டாலர் கணக்கில் பேசுகின்றனர். டாலர் என்பதும் பணந்தான். எல்லாப் பொருள்களையும் பணமாக மாற்றிவிடலாம்; இந்தப் பணத்தைக் கொண்டு உலகிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் வாங்கலாம். 'பணம் பத்துவிதம் செய்யும்' என்பது பழமொழியல்லவா? பணம் பொருளாதார உலகைப் பிணைத்து ஊடுருவிச் செல்லும் ஓர் அற்புதச் சாதனம்; பொருள் உலகினை விருப்பப்படி ஆட்டி வைக்கும் வியத்தகு கருவி. இங்ஙனமே, ஆற்றல் - உலகினையே வியப்படையச் செய்வது மின்ஞற்றல்; இது ஆற்றல் மன்னஞக விளங்குகிறது. நவீன உலகையே ஆட்டி வைப்பது மின்ஞற்றல் என்ருல், அது மிகையன்று. நீரிஞல் பெறும் ஆற்றல், எண்ணெயிலிருந்து பெறும் ஆற்றல் ஆகியவற்றை மின்ஞற்றலாக மாற்றிவிட்டால் அதை விருப்பமான இடங்களுக்குக் கொண்டு செல்லலாம். இன்று உலகிலுள்ள எல்லாத் தொழிற்சாலைகளிலும் மின்ஞற்றல்தான் பயன்படுகின்றது. நவீன வாழ்க்கையில் மின்ஞற்றல் பயன்படாத துறையே இல்லை என்று கூடச் சொல்லலாம். அது நீரைப்

போல் நமது வாழ்க்கைக்கு மிகவும் இன்றியமையாத ஒரு பொருளாகிவிட்டது.

இன்று நாம் மின்சார ஊழியில் வாழ்கின்றோம்; இன்றைய உலகம் மின்சார உலகம். மின் விளக்குகள், மின் விசிறிகள், நீர் இறைக்கும் பொறிகள், நெல்லை உமி போகக் குத்திப் புடைக்கும் இயந்திரங்கள், டிராம் வண்டி, மோட்டார் மின்சார வண்டி, தந்தி, தபால், வானொலி, ஒலிபெருக்கி முதலிய அனைத்தும் மின்னாற்றலாலன்றோ இயங்குகின்றன? இராவணத் 'தர்பாரில்'தான் கோடையில் பனி நிலையையும் மாரியில் வெப்ப நிலையையும் உண்டாக்கிக்கொண்ட செய்தியைக் காண்கின்றோம். ஆனால், இன்று வீட்டையும் புகை வண்டிப் பெட்டிகளையும் கோடையிலும் குளிர்-பனி நிலைக்கு வைத்துக்கொள்ளும் அமைப்பு வந்து விட்டது. மின்னாற்றலன்றோ இதற்குச் சாதகமாக இருக்கின்றது? இன்னும் அட்டில் தொழில், துணி துவைத்தல், பால் கறத்தல், தலை மயிரை ஒப்பனை செய்து கொள்ளல் போன்ற அன்றாடத் தொழில்களிலெல்லாம் மின்சாரம் பங்குகொள்ளுகிறது. மின்சாரம் 'அங்கிங்கெனாதபடி எங்கும்' காட்சியளிக்கும் அற்புத சாதனமாக விளங்குகிறது. மின்சாரம் இல்லையானால் நாகரிக உலகமே இல்லை என்று சொல்லிவிடலாம்.

மின்னாற்றலின் இன்றியமையாமை: புளூட்டோனிய அடுக்கிலும் அணு உலைகளிலும் ஏராளமான வெப்பம் வெளியாகிறது என்பதை முன்னர்க் கண்டோம். இந்த வெப்பத்தால் நீராவியை விளைவித்து அந்நீராவியால் மின்னாக்கிகளை இயக்கி மின்னாற்றலைப்[1] பெறலாம். எல்லா நாடுகளிலுமுள்ள ஒருவரின் சராசரி வருமானத்தையும் அவர் சராசரி செலவழிக்கும் ஆற்றலையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் அணுவாற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலைப் பெறும் வழி வகைகளை வகுக்க வேண்டியதன் இன்றியமையாமைப் புலனாகும்; அணுவாற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யவேண்டியதன் அவசியம் தெளிவாகும். இன்று நாம் நிலக்கரி, பெட்ரோலியம், மலையிலிருந்து இறங்கும் நீர்

[1] மின்னாற்றல் - power

முதலிய ஆற்றல் மூலங்களிலிருந்து நமக்குத் தேவையான ஆற்றலைப் பெறுகின்றோம். பெட்ரோலியத்தையும் நீரையும் நிலக்கரியின் அளவில் கணக்கிட்டுக் கூறினால், ஒப்பிடுவதற்குச் சௌகர்யமாக இருக்கும். சில முக்கிய நாடுகளிலுள்ளவர்களின் சராசரி வருமானத்தையும் அவர்கள் செலவழிக்கும் சராசரி ஆற்றல் அளவினையும் அடியிற் கண்டவாறு குறிக்கலாம்.

நாடுகள்	செலவழிக்கும் சராசரி ஆற்றல் அளவு (நிலக்கரி அளவில்)	சராசரி ஆண்டு வருமானம்
அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள்	8 டன்	2000 டாலர்
இங்கிலாந்து	4·5 ,,	1000 ,,
நார்வே	4·5 ,,	1000 ,,
ஜப்பான்	1 ,,	100 ,,
இந்தியா	0·1 ,,	50 ,,

இந்தப் புள்ளி விவரங்கள் மிகச் சரியானவை என்று சொல்ல இயலாவிடினும், அவை அந்நாடுகளிலுள்ளவர்களின் வாழ்க்கைத்தர உயர்வுக்கும் அவர்கள் செலவழிக்கும் ஆற்றலின் அளவிற்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பினைக் காட்டுவதற்குப் போதுமானவை.

பல்வேறு நாடுகளினிடையே காணப்பெறும் வேற்றுமை நம் கவனத்தை ஈர்க்கின்றது. எல்லா நாடுகளும் சமநிலையிலிருந்து கொண்டு ஐக்கிய நாட்டு மக்கள் சபையில் சந்திக்கும் இக்காலத்தில் எல்லா நாடுகளிலும் வாழ்க்கைத் தரத்தை உயர்த்தவேண்டும் என்ற அவா எழுவது இயற்கையாகும். வாழ்க்கைத் தரம் உயர்வது என்றால் என்ன? உணவு உற்பத்திப் பெருக்கமும் சுகாதார வசதி ஏற்பாடுகளும் வாழ்க்கைத் தரத்தை உயர்த்துவதுபோலவே, ஆற்றல் எளிதாகவும் ஏராளமாகவும் குறைந்த விலைக்குக் கிடைப்பதும் அதனை உயர்த்தும். உணவு உற்பத்திப்

பெருக்கத்தை ஐக்கிய நாட்டு ஸ்தாபனத்தின் உட் கழகமாகிய உணவு - உழவுத் தொழில் கழகம்[2] கவனித்து வருகின்றது. மக்களின் சுகாதார வசதிகளைக் கவனிக்கும் பொறுப்பு உலகச் சுகாதாரக் கழகத்தினிடம் உள்ளது. ஆற்றல் உற்பத்திப் பெருக்கத்தை ஐக்கிய நாடுகளின் கல்வி – அறிவியல் - பண்பாட்டுக் கழகம்[3] கவனித்து வருகின்றது.

மின்னாற்றலை அதிகம் உபயோகிக்காத நாடுகளில் இன்று நடைமுறையில் பயன்பட்டு வரும் எரியைகளின் பற்றுக்குறை இருந்து வருகின்றது என்பது வெளிப்படை. எல்லா நாடுகளிலுமுள்ள எல்லோருடைய வாழ்க்கைத் தரத்தையும் உச்சநிலைக்கு உயர்த்தினால் இவ்வுலகிலுள்ள நிலக்கரி, எண்ணெய்ப் படிவுகளிலிருந்து[4] கிடைக்கும் பொருள்கள் இருபதாண்டுகளுக்குத்தான் போதுமானதாக இருக்கும். ஆனால், இதுகாறும் கண்டறிந்த யுரேனியம், தோரியம் மூலங்களிலிருந்து கிடைக்கும் பொருள்கள் குறைந்தது 500 லிருந்து 1000 யாண்டுகள் வரையிலும் போதுமானதாக இருக்கும் என்று அறிஞர்கள் கணக்கிட்டுள்ளனர். அன்றியும், நிலக்கரியைப் பயன்படுத்துவதில் ஒரு கஷ்டம் உண்டு. நிலக்கரி கிடைக்கும் கனிகளிலிருந்து அது பயன்படும் இடங்களுக்குப் பல இலட்சக் கணக்கான டன் நிலக்கரியைக் கொண்டு செல்வதற்கு ஏராளமான வண்டிச் சத்தம் ஆகிறது. கொண்டு வருவதற்குரிய உழைப்பு ஒருபுறமிருக்க, ஆற்றலின் அடக்க விலையும் அதிகரிக்கின்றது. அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்துவதில் இக்குறை நீங்குகிறது. ஒரு டன் அணு எரியைகளிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றல் 2,500,000 டன் நிலக்கரியிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றலுக்குச் சமம். அணு எரியைகளைப் பயன்படுத்துவதில் கொண்டுவரும் உழைப்பு குறைவதுடன், வண்டிச் சத்தமும்

---

[2] உணவு - உழவுத்தொழில் கழகம் - Food and Agricultural Organization.

[3] ஐக்கிய நாடுகளின் கல்வி - அறிவியல் - பண்பாட்டுக் கழகம்-United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. [4] படிவுகள் - deposits.

குறைகின்றது. இக்காரணங்களால்தான் ஐக்கிய நாட்டு ஸ்தாபனம் அணுவாற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலின் உற்பத்தியைப் பெருக்குவதில் பெருங் கவனம் செலுத்தி வருகின்றது.

நீராவி உற்பத்தி: நிலக்கரியிலிருந்து பெறும் வெப்பத்தைக் கொண்டு நீரை ஆவியாக்கி அதனைக்கொண்டு மின்னாக்கப் பொறியை இயக்கி மின்னாற்றலைப் பெறுவது போலவே, அணு உலைகளிலிருந்து பெறும் வெப்பத்தைப் பயன்படுத்தி மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யலாம். அணு உலைகளிலிருந்து வெளிவரும் சூட்டை 'குளிர்ப்பான்'[5] ஏற்றுக் கொள்கிறது. இந்தக் குளிர்ப்பானிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெற்று அதனை மின்னாற்றலாக மாற்றவேண்டும். தொலைவிடத்தில் மின்னாற்றலைப் பயன்படுத்துவதற்கு இது மிகவும் ஏற்றதாக இருக்கின்றது. நிலக்கரியைப் பயன்படுத்தி மின்னாற்றலைப் பெறும் சென்னையிலுள்ளதுபோன்ற மின்னாற்றல் நிலையங்களில் வெப்ப ஆற்றல்தான் மின்னாற்றலாக மாற்றப்பெறுகின்றது. இதில் வெப்ப ஆற்றல் பெறும் மூலத்தில்தான் வேறுபாடு உள்ளது.

நவீன மின்னாற்றல் நிலையங்களில் பெரிய உருவிலமைந்த மின்னாக்கப் பொறிகளிலிருந்து மின்னாற்றல் உற்பத்தி செய்யப்பெறுகின்றது. மேலிருந்து விசையாக விழும் நீர்வீழ்ச்சியின் நீர்த் தாரையின் அமுக்கத்தைக்கொண்டு நீர்ப்பல் சக்கர உருளைகளை[6] இயக்கியோ அல்லது நீராவியின் சூட்டையும் அமுக்கத்தையும் கொண்டு நீராவிப் பல்சக்கர உருளைகளை இயக்கியோ இந்த மின்னாக்கப் பொறிகள் இயங்க வைக்கப்பெறுகின்றன. நீராவியைப் பயன்படுத்துங்கால் நீராவியின் அமுக்கமும் சூட்டுநிலையும் அதிகமாக இருந்தால், திறன் அதிகப்படுகின்றது. சாதாரணமாக நடைமுறையில் சதுர அங்குலத்திற்கு 200 இராத்தல்கள் அமுக்கத்திலுள்ள நீராவியால் இயங்கும் நீராவிப் பொறி

---

[5] குளிர்ப்பான் - coolant.

[6] நீர்ப் பல்சக்கர உருளைகள் - water turbines.

யொன்று 1200 இராத்தல்கள் அமுக்கத்திலுள்ள நீராவி யால் இயங்கும் பொறியில் பயன்படுத்தப்பெறும் நிலக்கரி யைப்போல் இரண்டு பங்கு நிலக்கரியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். உயர்ந்த அமுக்கத்தில் நீராவியின் சூட்டுநிலை 1200° F-க்குமேல் உள்ளது. இக்காரணத்தால் தான் பொறி இயல் நிபுணர் அணு உலையை மிக உயர்ந்த சூட்டு நிலையில் இயக்க விரும்புகின்றார்; நீராவிக் கொதி கலங் களுக்கு 1000° F-க்குமேல் சூட்டைக் கொண்டுவரும் குளிர்ப்பானையும் பயன்படுத்த விழைகின்றார். எனவேதான், அணு உலைகளை அமைப்பதற்கு ஸர்க்கோனியம்[7] போன்ற புதிய அமைப்புப் பொருள்களைத் தேடி யலைகின்றனர்; குளிர்ப்பானாக உபயோகப்படுத்துவதற்கும் உயர்ந்த திரவ உலோகங்களை நாடுகின்றனர். இத்தகைய பொருள்கள் உயர்ந்த சூட்டுநிலையைத் தாங்குவதுடன் அணு உலைகளில் பொது இயல் மின்னிகள் தம்மைத் தீவிரமாகத் தாக்கும் பொழுதும் தம்முடைய வன்மையையோ பிற பண்புகளையோ இழக்காது இருக்கவேண்டும். ஸர்க்கோனியம் என்ற உலோகம் எஃகுக்குப் பதிலாகச் சிறந்த இடத்தைப் பெறு கின்றது; உழைக்கவும் செய்கின்றது. ஆனால், புதிதாக இருப்பதால் அதன் விலை அதிகமாகவுள்ளது. சில ஆண்டு களுக்குள் அதன் விலை இராத்தல் ஒன்றுக்கு 300 டாலரி லிருந்து 15 டாலருக்கு இறங்கிவிட்டது; அதன் உற்பத்தி பெருகவே, அதன் விலை இன்னும் இறங்கும் என்பதற்குச் சிறிதும் ஐயம் இல்லை. புதிய அணுவாற்றல் தொழிற்சாலை யில் நாம் காணும் பலவித பொறி இயல் பிரச்சினைகளுக்கு இது ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

இன்னொரு சங்கடமும் உண்டு. குளிர்ப்பான் அணு உலையிலிருக்கும்பொழுது பொது இயல் மின்னிகளின் பல மான தாக்குதலால் அதுவே கதிரியக்கத் தன்மையைப் பெறு கின்றது. ஆகவே, அது வெளிவிடும் துளைத்துச் செல்ல வல்ல கதிர்கள் தொழிற்சாலையில் வேலை செய்யும் மக்க ளுக்கு ஆபத்தை விளைவிக்கின்றன. இக்காரணத்தால் அது

[7] ஸர்க்கோனியம் - zirconium.

உலையிலிருந்து ஒரு 'சூடு மாற்றிக்கு'[8]க் கொண்டு செலுத்தப் பெற்று அங்கு வேறொரு குளிர்ப்பான் வட்டத்தால் குளிர் விக்கப் பெறுகின்றது. இந்தத் திரவம் மிகச் சூடாகின்றதே யன்றி கதிரியக்கத்தைப் பெறுவதில்லை. இந்த இரண்டாவது குளிர்ப்பான் கொதிகலங்களை[9] அடைந்து அங்குள்ள நீரை அதிக அமுக்கமுள்ள நீராவியாக மாற்றுகிறது. இந்த நீராவி, நீராவிப் பல் சக்கர உருளைகளை இயக்க, அவற்றால் மின்னாக்கப் பொறிகள் இயக்கப் பெறுகின்றன. இந்த மின் னாக்கப் பொறிகளினின்றும் மின்னாற்றல் வெளிப்படுகின்றது.

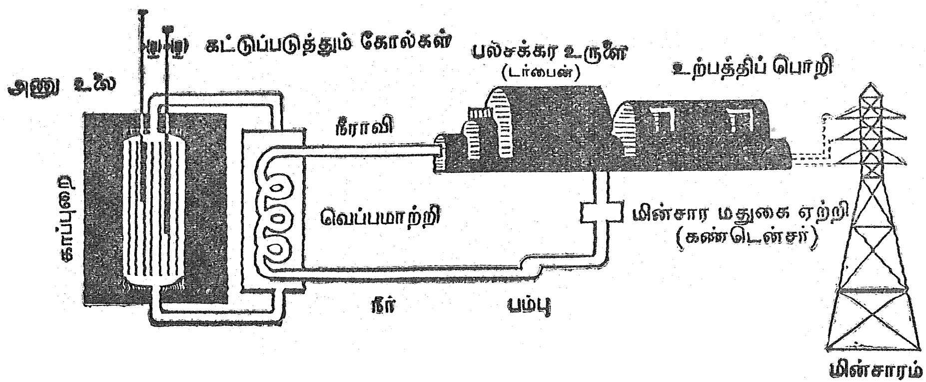
அடக்க விலை: அணுவிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றப் பெற்றவுடன் அது நடை முறையில் பயன்படக்கூடும் என்று சொல்ல முடியாது. அது பெரிய தொழிலகங்களிலும் பிற இடங்களிலும் பேரளவில் பயன்பட வேண்டுமானால், ஆற்றல் குறைந்த விலைக்குக் கிடைக்க வேண்டும். அணுவாற்றலிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னாற்றலின் விலைக் குறைவே அதன் சிறந்த எதிர் காலத்தை நிர்ணயிக்கும். இன்றைய நிலையில் மிகத் தொலை வான இடங்களிலிருந்து நிலக்கரி இறக்குமதி செய்யும் நாடு களில் அணுவிலிருந்து பெறும் மின்னாற்றல் ஓரளவு குறை வாகவே இருக்கும் என்று கருதலாம்; நிலக்கரி எளிதாகவும் குறைவான விலைக்கும் கிடைக்கக் கூடிய நாடுகளில் அணு வாற்றலிலிருந்து பெறும் மின்னாற்றலின் விலை சற்று அதிக மாகவே இருக்கலாம். இந்த அம்சங்கள் யாவும் நிலக்கரி கிடைப்பதைப் பொறுத்தவை.

அணுவாற்றல் நிலையங்களை அமைக்கும் செலவை ஒரு வாறு உத்தேசமாகக் கணக்கிட்டுப் பார்த்தால், இதனை அமைக்கும் செளகர்யங்களை ஓரளவு அறிந்துகொள்ள லாம். நீராவியிலிருந்து மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யும் செலவு இன்றைய அதே அளவு நீராவி மின்னாற்றல் நிலையத் திலிருந்து மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்வதற்கு ஆகும்

[8] 'சூடு மாற்றி' – 'heat exchanger'.

[9] கொதி கலங்கள்–boilers.

அணுவாற்றல் மின்சார உற்பத்தி நிலையம்



படம் 18.

செலவுதான் ஆகிறது. ஏனெனில், அந்த நிலை அமைப்பு இயங்குவதிலோ அதற்குரிய தேவையான கருவித் தொகுதிகளிலோ[10] யாதொரு வேற்றுமையும் இல்லை. வேற்றுமை எல்லாம் நீராவியை உற்பத்தி செய்வதற்கு ஆகும் செலவில் தான் இருக்கிறது. இந்தச் செலவு எரியையின் அடக்க விலை, நிலையத்தை நடத்தும் செலவு, தொடக்கத்தில் போட வேண்டிய முதலீடு ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது (படம்-18).

அணு எரியையைப் பொறுத்த மட்டிலும் அதன் விலை கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டாத அளவுக்கு மிகவும் குறைவாகவே உள்ளது. பக்குவிடக் கூடிய யு-235ன் விலை இராத்தல் ஒன்றுக்கு 10,000 டாலர் ஆகிறது; இது மிக உயர்ந்த விலை என்பது உண்மைதான். ஆயினும், இது தொடக்கத்தில் போடவேண்டிய முதலீட்டின் ஒரு சிறு பகுதியே. அது பிரீடர் விதிப்படி சதா புதிய புளுட்டோனியத்தால் அது திரும்பவும் ஈடு செய்யப்பட்டுக் கொண்டேயிருக்கின்றது. இதில் உண்டாகும் புதிய புளுட்டோனியம் யு-235ஐப் போலவே ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. எனவே, புளுட்டோனிய உற்பத்தியில் உபயோகப்படும் சாதாரண யுரேனியத்தின் அடக்க விலைதான் இதில் உபயோகப்படும் எரியையின் செலவும் ஆகிறது என்று சொல்லலாம். ஓர் இராத்தல் யுரேனியத்தின் விலை 35 டாலர்தான்; 20 இராத்தல் யுரேனியத்தைக் கொண்டு 52 மில்லியன்[11] கிலோவாட் அவர் மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்து கொள்ளலாம். இந்த ஆற்றல் சாதாரணமாக ஒரு பெரிய நகரில் ஓர் ஆண்டில் செலவாகும் ஆற்றலின் அளவாகும். எரியையின் விலையைப் பொறுத்த மட்டிலும் ஒரு கிலோவாட் அவருக்கு 0.000013 டாலர் அல்லது 0·0013 சென்டுகள்தாம் ஆகின்றது. ஆனால், சாதாரணமாக ஒரு கிலோவாட் அவர் மின்னாற்றலின் அடக்க விலை கிட்டத்தட்ட 0·01 டாலர் அல்லது 1 சென்டுதான் ஆகிறது. இந்தப் புள்ளி விவரங்களை ஒப்பிட்டு நோக்குமிடத்து, எரியையின் அடக்க விலை தள்ளுபடி செய்யவேண்டிய அளவுக்கு மிகக் குறைவாகவே உள்ளது.

---

[10] கருவித் தொகுதி - equipment.

[11] மில்லியன் - பத்து இலட்சம்; ஆயிரமாயிரம்.

ஓர் அணு நிலையத்தை நிறுவி நடத்துவதில் பல்வேறு உயர்ந்த விலையுள்ள சாதனங்கள் தேவையாக வுள்ளன ; நிலக்கரிக் கொதிகலங்களுக்கு இவை தேவையே இல்லை. ஓர் அணு உலை ஓராண்டுக் காலத்திற்குமேல் செயற்பட்ட பிறகு, பக்குவிடும் விளைவுப்பொருள்கள்[12] உலையின் உள்ள கத்தில் திரண்டு விடுவதால் அவை பொது இயல் மின்னிகள் சரியாகச் செயல் புரிவதற்குப் பெருந்தடையாக அமைந்து விடுகின்றன. ஆகவே, அப்பொருள்களை உடனுக்குடனே அகற்றவேண்டும். இதற்கு உள்ளகத்தையே[13] அகற்றி அதனைத் தூய்மையாக்க வேண்டும். இதிலுள்ள அசுத்தங்களை நீக்குதல் எளிதான செயலன்று ; அதை மிகச் சங்கடமானதும் அதிகச் செலவில் செய்யக்கூடியதுமான வேதியல் கிரியையினால் செய்விக்கவேண்டும். இதற்கு ஆகும் செலவு எரியையின் விலையைப் போலப் பத்து மடங்கு ஆகும் என்று மதிப்பிட்டிருக்கின்றனர். கிட்டத்தட்ட இது 0.013 சென்டு ஆகலாம். இதுவும் மிகச் சிறிய அளவே ; இது சாதாரணமாகவுள்ள மின்னாற்றல் விலையில் ஒரு சத விகிதமே. உள்ளகத்தைத் தூய்மை செய்யுங்கால் இன்னொரு முக்கிய செயலையும் மேற்கொள்ளலாம். அதுதான் புளுட்டோனியத்தைத் தூய்மைப்படுத்துதல் ஆகும். அணு உலை மிகத் திறனுள்ள பிரீடராக[14] இருந்தால், அதில் உண்டாகும் புளுட்டோனியத்தின் அளவு முதலில் நாம் மேற்கொண்ட யு-235ின் அளவைக் காட்டிலும் அதிகமாகவே இருக்கும். மிகையாகவுள்ள புளுட்டோனியத்தை மட்டிலும் விற்று வேதியல் கிரியைக்கு ஆகும் செலவினை ஓரளவு ஈடுசெய்து விடலாம். எனவே, அபூர்வமாக நடத்தப்பெறும் அணு உலையில் ஏற்படும் நடைமுறைச் செலவும் மிக அதிகமாக இல்லை.

அணு நிலையத்தை அமைப்பதற்கு ஏற்படும் தொடக்கச் செலவு (முட்டு வழிச் செலவு)[15] தான் அதிகமாக இருக்

[12] விளைவுப்பொருள்கள் - by products.

[13] உள்ளகம் – core.

[14] பிரீடர் - breeder. [15] முட்டு வழிச் செலவு - cost of investment.

கிறது; நிலக்கரி-நீராவி நிலையத்தை அமைக்கும் செலவை விட மிக அதிகமாகவே உள்ளது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளில் இன்று நடைமுறையிலுள்ள நிலக்கரி நிலையத்தை அமைப்பதில் ஆகும் செலவில் அணு நிலையத்தை அமைப்பதில் ஆகும் செலவு இரண்டு மடங்கு ஆகும் என்று மதிப்பிடப் பெற்றிருக்கின்றது. அந்நாடுகளில் இன்று அமைப்பு நிலையிலுள்ள 60,000 கிலோவாட் அணு உலை ஒன்று 30,000,000 டாலர் செலவில் அடங்கும் என்று கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். ஆனால், நிலக்கரி-எரி நிலையத்தை[16] அமைப்பதற்கு 7,000,000 டாலர்தான் செலவாகும். நாளடைவில் அணு உலைகளை அமைப்பதில் அனுபவமும் ஆராய்ச்சியும் மிக மிக, அணு உலைகளின் அடக்க விலை நிச்சயம் குறையும் என்பதற்கு ஐயமில்லை. இன்றைய நிலையில் நிலக்கரி ஏராளமாகவும் மலிவாகவும் கிடைக்கக்கூடிய இடங்களில் அணு ஆற்றல் நிலையங்களிலிருந்து பெறும் மின்னுற்றலின் விலை நிலக்கரி-எரி நிலையங்களிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னுற்றலின் விலையைவிட ஓரளவு அதிகமாக இருக்கலாம். ஆனால், நிலக்கரி கிடைக்காத இடங்களில் அது நிச்சயம் குறைவாகவே இருக்கிறது. மலிவாகக் கிடைக்கும் நிலக்கரியின் விலை டன் ஒன்றுக்கு 10 டாலருக்கு மேல் போகக் கூடாது என்பதை நினைவில் வைத்து இக்கணக்கீடு செய்ய வேண்டும்.

அணுவிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னுற்றலை இப்பொழுது தான் தொழில் துறையிலும் வணிகத் துறையிலும் பயன்படுத்தத் தொடங்கி யிருக்கின்றனர். இங்கிலாந்து, கானடா, அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள் போன்ற நாடுகளில் வேறு காரியங்களுக்காக நிறுவப்பெற்ற சோதனை அணு உலைகளில்—(எ-டு.) அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளிலுள்ள பிரீடர் அணு உலை[17]—தம் அமைப்புக்களுக்கும் அருகிலுள்ள கட்டடங்களுக்கும் வெளிச்சத்தை யுண்டாக்க மின்னுற்றல் உற்பத்தி செய்யப்பெற்று வருகின்றன. 1954-ஆம் ஆண்டு

[16] நிலக்கரி - எரி நிலையம் - coal-burning plant.

[17] பிரீடர் அணு உலை – breeder reator.

ஜூன் திங்கள் 27-ஆம் நாள் 5,000 கிலோவாட் அணு நிலையம் ஒன்று தொழிற்சாலைக்குப் பயன்படும் முறையில் நிறுவி யிருப்பதாக அறிவித்ததைச் செய்தித் தாள்களில் கண்டோம். அதிலிருந்து உற்பத்தி செய்யப்பெறும் மின் னாற்றல் அதற்கருகிலுள்ள மாவட்டங்களில் தொழிற்சாலை களுக்கும் உழவுத் தொழிலுக்கும் உபயோகப்படுத்தப் பெறு கின்றதாம். 1955-ஆம் ஆண்டு ஜூன் திங்கள் இரஷ்ய நாட்டில் மின்சார அமைச்சராக இருந்த திரு. ஜி. எம். மாலென்கோவ்[18] என்பார் 50,000 கிலோவாட் ஆற்றல் நிலையம் ஒன்று விரைவில் நிறுவப்பெறும் என்றும் அறிவித்த தையும் பத்திரிகைகளில் படித்தோம். இங்கிலாந்து நாட்டில் 50,000 கிலோவாட் ஆற்றல் நிலையம் ஒன்றை நிறுவப் பல ஆண்டுகளாக வேலை நடைபெற்று வருகின்றது; அது மிக விரைவில் செயற்படக்கூடும் என்றும் எதிர்பார்க் கப்பெறுகின்றது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளில் 60,000 கிலோவாட் ஆற்றல் நிலையம் ஒன்று செயற்படத் தொடங்கி யிருக்கின்றது. பிரெஞ்சு நாடு, கானடா, நார்வே, ஹாலந்து, பெல்ஜியம், ஸ்விட்ஸர்லாந்து ஆகிய நாடுகள் தொழிற்சாலைக்குப் பயன்படும் முறையில் ஆற்றல் நிலையங் களை நிறுவத் திட்டமிட்டுக் கொண்டிருக்கின்றன.

வணிகத் துறையில் பெரிய அளவில் மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யலாம் என்ற நம்பிக்கை அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டு நாட்டிலஸ்[19] என்ற நீர்மூழ்கிக் கப்பல் வெற்றிகரமாக இயங்கியதிலிருந்து பிறந்தது. இதில்தான் முதன் முதலாகப் பெரிய அணு ஆற்றல் நிலையம் ஒன்று அமைக்கப்பெற்றது. அது செயற்படுவதற்குரிய செலவு எவ்வளவு ஆகும் என்று தெரிவதற்கு முன்னர் அது நிறுவப்பெற்றது. கடலில் உப யோகப்படக்கூடியதாலும், அதன் பொறிகளுக்குக் காற்றே தேவையில்லாததாலும், அந்தக் கப்பல் நீண்ட காலம் கட லின் அடியிலேயே இருக்கக் கூடுமாதலாலும் செலவைப் பற்றிய கவலை ஏற்படவில்லை. போர்க்காலத்தில் இன்னொரு

[18] ஜி. எம். மாலன்கோவ் - G. M. Malenkov.

[19] நாட்டிலஸ் - Nautilus.

செளகர்யமும் அதில் இருந்தது. அஃதாவது, அத்தகைய கப்பல்களில் அடிக்கடி எரியைகளை இடும் சந்தர்ப்பங்கள் ஏற்படுவதில்லை ; அதன் அணு உலையிலுள்ள யுரேனிய உள்ளகம் பல ஆயிரக்கணக்கான மைல்கள் செல்வதற்கு வேண்டிய ஆற்றலைத் தருகின்றது. பல மாதங்கள் அல்லது ஆண்டுகளுக்கு அதில் எரியைகளைப் போடவேண்டிய அவசியமே இல்லை. இந்தச் செளகர்யத்தின் அடிப்படையைக் கொண்டே நெடுந்தூரம் பறக்கும் விமானங்களை நிறுவ முயற்சி செய்து வருகின்றனர். ஆயினும், மிகப் பளுவான அணு உலைகளை மேலே உயர்த்துவதிலுள்ள பிரச்சினைகளும், விமானத்திலுள்ள பிரயாணிகளுக்குப் பாதுகாப்பாக இருப்பதற்கேற்ற பளுவான காப்புறைகளை அமைப்பதிலுள்ள பிரச்சினைகளும் இன்னும் தீர்ந்தபாடில்லை.

8. கதிரியக்கம்

யுரேனியம் - 235, யுரேனியம் - 233, புளூட்டோனியம் - 239 போன்ற பளுவான அணுக்கள் பெருவிசையுடன் கூடிய பொது இயல் மின்னிகளால் தாக்கப் பெறுங்கால் அவை சிதைவுறுவதைப் ‘பக்கு விடுதல்’ என்ற பெயரால் குறிப்பிட்டோம். இப் ‘பக்கு விடுதல்’ என்ற செயல் இயற்கையில் தொடர்ந்து நடைபெறுவதன்று. எப்பொழுதாவது அண்டக் கதிர்களால் நுட்பமான இந்த அணுக்கள் தாக்கப் பெறுங்கால் இந்நிகழ்ச்சி நேரிடும்.

கதிரியக்கம் - பக்குவிடுதல், ஒரு வேறுபாடு : கதிரியக்கம் என்பதும் அணுக்கள் பக்குவிடுதலைப் போன்ற ஒரு நிகழ்ச்சியே. இக்கதிரியக்கத்திலும் உட்கருச் சிதைவுறுதல் நடைபெறுகின்றது. ஆயினும், இது நடைபெறுவதற்குரிய காரணமும், நடைபெறும் முறையும், அதனால் ஏற்படும் விளைவும் முற்றிலும் வேறுபடுகின்றன. கதிரியக்கம் என்ற நிகழ்ச்சியை முதன் முதலாக 1896-ல் கண்டறிந்தவர் ஹென்றி பெக்குரல்[1] என்பார். இதற்கு முதலாண்டில்தான் ராண்ட்ஜென்[2] என்பார் புதிர்க் கதிர்களைக்[3] கண்டறிந்திருந்தார்.

[1] ஹென்றி பெக்குரல் – Henri Becquerel. [2] ராண்ட்ஜென் – Rontgen. [3] புதிர்க்கதிர்கள் – X-rays.

ஹென்றி பெக்குரல் ஒளிரும் பொருள்களை ஒவ்வொன்றாக எடுத்துக்கொண்டு முறையாக ஆராயவேண்டும் என்று கருதி, யுரேனியக் கனிப்பொருள்களை ஆராய்ந்த பொழுது இந்நிகழ்ச்சியைக் கண்டறிந்தார். பெக்குரல் கண்ட நிகழ்ச்சியை இரண்டாண்டுகள் கழித்து கியூரி தம்பதிகள் கண்டறிந்த ரேடியம் என்ற தனிமத்திடம் தெளிவாகக் காணலாம். கதிரியக்கமுள்ள எல்லா அணுக்களுமே இயல்பாகவே நிலைத்த தன்மையுடையன அல்ல; அவை சதா சிதைந்து அழிந்துக்கொண்டே[4] இருக்கும். இவ்வாறு சிதைந்து அழியும் செயல் முழுதும் தானாகவே நடைபெறக் கூடியது. எந்தவிதச் சாதனத்தைக் கொண்டும் அதன் வேகத்தைக் கூட்டவோ குறைக்கவோ இயலாது. வெளித் தூண்டுதல்களாலும் சற்றும் மிகுதிப்படாதது; பிற தடைகளாலும் சற்றும் குறைவு படாதது. அறிவியலறிஞர்கள் சாதாரணமாகக் கையாளும் வெப்ப ஆற்றல், மின்னாற்றல் வேதியற் பொருள்கள் முதலியவை கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியைப் பாதிக்கும் வன்மையற்றிருந்தன. மனிதனுடைய அகந்தையையும் இறுமாப்பையும் அது சிறிதும் கருதாது பெருவழியில் தன் விருப்பப்படி இயங்கும் தன்மையைப் பெற்றிருந்தது. கதிரியக்கத்தின் பெருமையை, அதன் விந்தையை, கதிரியக்கப் பாதையின் அருகில் இருந்துகொண்டு மனிதனால் கண்டறிய முடிந்ததேயன்றி அதைக் குறித்து வேறு எதையும் ஆற்றவல்ல திறமை அவனிடம் அமையவில்லை.

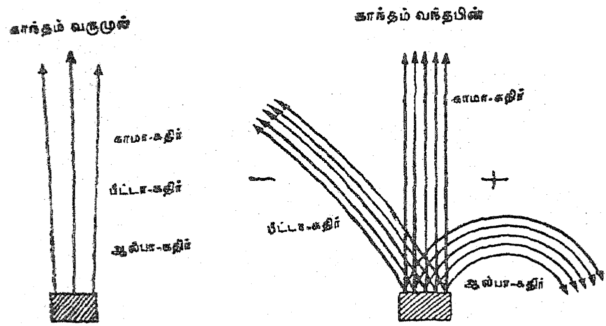
ஆற்றல் வாய்ந்த தொலை நோக்காடியின் துணைகொண்டு களங்கமற்ற வானவெளியில் உலாப்போகும் எண்ணற்ற நட்சத்திரங்களை ஆராய்ந்துவரும் வானநூற் புலவர்கள் அவற்றில் நிகழும் நிகழ்ச்சிகளை எள்ளளவும் மாற்ற இயலுவதில்லை. எனினும், அந்த உடுக்களில் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகளை அவர்களால் கண்டறிய முடியும். எடுத்துக்காட்டாக, கோள்களின்[5] கதியையும் அவை குறிப்பிட்ட காலங்களில் இருக்கும் இடங்களையும் கணக்கிட்டுக் கூற முடியும்; சுட்டிக் காட்டவும் இயலும். அங்ஙனமே

[4] சிதைந்தழிதல் - disintegration. [5] கோள்கள் - planets

பௌதிக அறிஞர்களும் கதிரியக்கத் தனிமங்களின் செயல்களைத் தம்மால் பாதிக்கச் செய்ய இயலாவிடினும், அவற்றை அணுகி நுணுகி அறியும் திறமையைப் பெற்றிருந்தனர். அவற்றில் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகளையும் மிகவும் கவனமாகக் குறித்து வைத்தனர். அவற்றை மிகக் கவனத்துடன் ஆராய்ந்தவர்களுள் தலை சிறந்தவர் ரதர் போர்டு[6] என்ற அறிஞர் பெருமான்.

மூன்று கதிர்கள்: யுரேனியம் ஆட்டம் கொடுக்கும் நிலையில் சில ஒளிகள் வீசுவதனை அறிவியலறிஞர்கள் கண்டனர். இந்த ஒளிகள் கண்காணா ஒளிகளே. இவை மூன்று வகைக் கதிர்களாக வெளிவருகின்றன. அவற்றை அறிவியலறிஞர்கள் கிரேக்க நெடுங்கணக்கிலுள்ள முதல் மூன்றெழுத்துக்களைக் கொண்டு ஆல்பா-கதிர்களென்றும், பீட்டா-கதிர்களென்றும், காமா-கதிர்களென்றும் பெயரிட்டு

ரேடியமும் அதன் கதிர் வீச்சும்



படம் 19.

இடப்புறமுள்ள படத்தில் நடுவிலிருப்பது காமா - கதிர்; இடப்புறமிருப்பது பீட்டா - கதிர்; வலப்புறமிருப்பது ஆல்பா - கதிர். வலப்புறமுள்ள படத்தில், அவை வளைந்து செல்வதினின்று இது புலனாகும்.

[6] ரதர்போர்டு - Rutherford.

வழங்குகின்றனர். ஜே. ஜே. தாம்சன் என்பார் இந்தக் கதிர்களைக் காந்த மண்டலத்திற்குட்படுத்தி ஆராய்ந்தார். படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு (படம்-19) காந்தம் வருவதற்குமுன் மூன்றுவகைக் கதிர்களும் ஒன்று சேர்ந்திருந்தன. காந்தம் அருகில் வந்ததும் ஆல்பா - கதிர்கள்[7] ஒரு பக்கமாகவும், பீட்டா – கதிர்கள்[8] அதற்கு எதிர்ப்பக்கமாகவும் திருப்பிக் கொண்டன. காமா - கதிர்கள்[9] மட்டிலும் காந்தத்தால் சிறிதும் பாதிக்கப்பெறவில்லை. இவ்வாறு தமது போக்கில் காந்த சக்தியால் மாறுபாடு அடையாத கதிர்கள் மின்னூட்டம் பொருந்திய துணுக்குகளாக இருக்கமுடியாது. அவை தன்மையில் ஒளிக் கதிர்களையேனும்[10] புதிர்க் கதிர்களையேனும்[11] ஒத்திருக்க வேண்டும் என்று யூகிக்கப் பெற்றது.

ஆல்பா-கதிர்கள் : ஆல்பா-துணுக்குகள் நேர் மின்னூட்டம் பெற்றவை. அவை அயனி நிலையிலுள்ள பரிதிய அணுக்களாகும். அஃதாவது, பரிதியக் கருவிலிருந்து எதிர் மின்னிகள் அகன்ற நிலையிலுள்ள அணுக்களாகும். பரிதியத்தின் அணு–எண் இரண்டு; மின்னூட்டமும் இரண்டே. இதன் வேகம் மிக அதிகம்; ஒளியின் வேகத்தில் பதினைந்தில் ஒரு பங்காகும். அஃதாவது, விநாடி ஒன்றிற்கு சுமார் 12,000 மைல் வேகத்தில் செல்கிறது. துப்பாக்கியினின்று வேகமாக ஓடும் குண்டின் வேகம் விநாடிக்கு அரைமைல் தான். எனவே, ஆல்பா-கதிர்கள் மனிதன் கையிலுள்ள வேகமான ஆயுதங்களிலெல்லாம் சிறந்த ஆயுதங்களாக அமைகின்றன. துப்பாக்கிக் குண்டின் வேகத்திலும் சிறந்த வேகம் இல்லை என்று கருதியிருந்த மனிதனுக்கு இது வியப்பினும் வியப்பாகும். எந்தப் பொருளினின்று இக்கதிர்கள் வெளிவருகின்றனவோ அந்தப் பொருளுக்கேற்ப இதன் தொடர்நிலை வேகமும் மாறும். இவற்றின் எடை எதிர்மின்னிகளைப்போல் 75000 மடங்கு அதிக எடையுள்ளவை.

---

[7] ஆல்பா கதிர்கள்-alpha rays. [8] பீட்டா கதிர்கள் – beta rays. [9] காமா – கதிர்கள் - gamma rays. [10] ஒளிக் கதிர்கள் – photons. [11] புதிர்க்கதிர்கள் - x-rays.

பீட்டா-கதிர்கள் : ஆல்பா-கதிர்கள் செல்லும் திசைக்கு எதிர்வாட்டமாகப் போகின்றவை பீட்டா-கதிர்களாகும். இவை எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றுள்ளவை. இவை அதிகம் வளையாது மேல் நோக்கி ஓடுகின்றன. இவை விரைந்தோடும் எதிர் மின்னிகளைக் கொண்டவை. இவை ஏறக் குறைய ஒளியின் வேகம் போன்ற வேகமுடையவை.

காமா-கதிர்கள் : காமா-கதிர்கள் வலப்புறமோ இடப் புறமோ சாயாமல் நேரே செல்லுகின்றன. இவற்றில் மின்னிகள் இல்லை. இவை புதிர்க் கதிர்கள் போன்ற மின் காந்தக் கதிர் வீச்சுக்களைக் கொண்டவை. இவை குறைந்த அலை நீளங்களையுடையவை. இதனுல் அவை துணுக்கு களைப் போலவே செயல்புரிகின்றன. காமா-"துணுக்குகள்" ஒளியணுக்கள் என்றும் வழங்கப் பெறுகின்றன.

கதிர்களின் ஆற்றல் வேறுபாடு : மேற்கூறிய மூன்று கதிர் களும் தம் ஆற்றல்களில் வேறுபடுகின்றன. ஆல்பா-கதிர் களும் பீட்டா-கதிர்களும் ஊடுருவிச் செல்லும் தன்மையில் குறைந்தவை. அவை கால் அங்குல கனமுள்ள கண்ணுடி அல்லது உலோகம் ஆகியவற்றைத் தடுத்து நிறுத்தக்கூடும். காமா - கதிர்களோ மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்தவை; ஓர் அங்குல கனமுள்ள உலோகத் தகட்டையும் எளிதில் ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியவை.

இரசவாதம் : அணுவின் அமைப்பைக் காணும்பொழுது மின்னிகளின் ஏற்றக்குறைவே அணுக்களின் வேற்றுமைக்கு அடிப்படை என்றும், மின்னிகளின் எண்ணிக்கையை ஏற்றவும் குறைக்கவும் முடியுமானுல் ஒருவகை யணுவை வேருெருவகை அணுவாக்கலாம் என்றும் கண்டோம். பண்டையோர் கண்ட இரசவாதமும்[12] இந்த அடிப்படை யில் அமைந்திருக்கிறது என்பதையும் சுட்டி யுரைத்தோம். ஓர் ஆல்பா-துணுக்கு அல்லது எதிர்மின்னி ஒரு கருவிலி ருந்து அகற்றப் பெற்ருல், அந்தக் கருவின் மின்னூட்டம் மாறுகிறது ; இதனுல் அந்த அணுவின் புறவட்டங்களி லுள்ள எதிர் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையிலும் மாற்றம்

[12] இரசவாதம் - alchemy.

அடைந்து அதன் வேதியற் பண்புகளை மாற்றிவிடுகின்றன. இவ்வாறு எல்லாக் கதிரியக்கத் தனிமங்களும் சிதைந்தழிந்து வேறு தனிமங்களாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு உண்டான தனிமங்கள் யாவும் கதிரியக்க முடையனவாகவே உள்ளன; இது தற்காலிகமாக அமைந்த பண்பே. ஆனால், இந்தத் தனிமங்கள் யாவும் பளுவான அணுக்களையுடைய யுரேனியம், தோரியம் போன்றவற்றிலிருந்து உண்டானவையே. இவ்வாறு படிப்படியாக ஆல்பா-துணுக்குகளை இழந்துகொண்டே அணு உட்கருக்களின் பொருண்மைகள் ஈயத்தின் பொருண்மை அளவுக்குக் குறைந்து இறுதியாக அணு-எடை 208-ஐக் கொண்ட ஈயமாகவே மாறிவிடுகின்றன. ஈயம் நிலைத்த தன்மையுடையது; அது கதிரியக்க முடையதன்று. ஈயத்தைவிடக் குறைந்த அணு - எடையைக் கொண்ட எந்த அணுக்களும் கதிரியக்கமுடையனவாக இல்லை. இதற்கு ஒரு சில விதி விலக்குகளும் இருக்கலாம்.

இத்தகைய தகவல்கள் யாவும் அணுக்கள் பக்குவிடுதல் என்ற கிரியை அறிவியல் அரங்கிற்கு வந்த பின்னர்தான் நமக்குத் தெரிந்தன. இயல்பாக அமைந்திருக்கும் கதிரியக்கத் தன்மையே பளுவான அணுக்களில் ஆற்றல் அடர்ந்து தேங்கிக் கிடக்கக் காரணமாக வேண்டும் என்றும், அந்த ஆற்றலின் காரணமாகவே ஆற்றல் வாய்ந்த கதிர்கள் வீசப் பெறுகின்றன என்றும் நமக்குப் புலனாகச் செய்தது. இந்த முறையில் பார்த்தால் கதிரியக்கத்தின் விளக்கமே பக்குவிடுதலைக் காண்பதற்கு வழியமைத்துத் தந்தது என்று சொல்லலாம்.

பளுவான தனிமங்கள் : அணுக்கள் வெடிப்பதற்குரிய சரியான காரணம் என்ன என்பது இன்னும் புலனாகவில்லை. மிகப் பளுவான தனிமங்களின் உட்கருக்களில்தான் வெடித்தல் நிகழ்கிறது. அணு - எண் 82-க்கு மேற்பட்ட அணு - எண்களைக் கொண்ட தனிமங்களில்தான் உட்கரு ஆட்டம் கொடுக்கத் தொடங்குகிறது. அணுக்களுள் பரிதியமாக அமைந்த அணுக்கட்டே வலிவான கட்டாகும். அதற்கு மேலுள்ள அணுக்கட்டுக்கள் அவ்வளவு வலு

வானவைகளாக அமைவதில்லை. அதனால்தான் 92 அணுக்களுக்குமேல் நேர் இயல் மின்னிகள் ஒருங்கு சேர்ந்து அணுக்கருவாக அமைவதில்லை. 92-க்குமேல் நேர் இயல் மின்னிகள் கூடத்தான் செய்கின்றன ; ஆனால், அவை எளிதில் சிதைந்தழிகின்றன. எனவே, 92 வகைக்கு மேல் அணுவகைகள் தோன்றாத நுட்பமும் இப்பொழுது ஓரளவு புலனாகின்றது. இதனை ஒரு சிறிய எடுத்துக்காட்டினால் இன்னும் தெளிவாக்கலாம்.

காய்கறிச் சந்தையில் வாணிகம் செய்யும் பெண்மணியொருத்தி எலுமிச்சம் பழங்களைக் கொண்டு கோபுரம் கட்டுகிறாள். குறைந்த எண் பழங்களைக் கொண்ட கோபுரம் நன்றாகவும் வலிவாகவும் அமைகிறது. இன்னும் அதிகமான பழங்களை அதன்மீது அடுக்கி அடுக்கி பெரியதொரு கோபுரம் அமைக்கிறாள் அப் பெண்மணி. அவள் அடுக்க அடுக்கப் பழங்கள் சரிந்து விழுகின்றன. மனத்தளர்ச்சியின்றி பழங்களை மேலும் மேலும் அடுக்கிக்கொண்டே போனாலும், 92 பழங்களுக்கு மேல் ஒன்று சேரவில்லை. மேலே கட்டும் பழங்கள் கட்டுத்தளர்ந்து பல பழங்கள் உருண்டோடுகின்றன. எஞ்சியிருக்கும் கோபுரம் வலிமையானதாக இருக்கிறது. மேல் நிலை அணுக்கள் சிதையுங்கால் பெரும்பாலும் பரிதிய அணுக்களாகவே சிதைகின்றன. பரிதியக் கட்டு வலுவுள்ள கட்டாகையால் அவற்றைக் கொண்டே மேல்நிலை அணுக்கள் அமைந்தன போலத் தோன்றுகின்றது.

இன்னொரு உண்மை: ஆவர்த்தன அட்டவணையை[18] உற்று நோக்கினால் இன்னொரு உண்மையும் புலனாகிறது. கனம் அதிகம் இல்லாத, இலேசான அணுக்களின் அணு - எடை பெரும்பாலும் அவற்றின் அணு - எண்களுக்கு இரட்டிப்பு மடங்குகளாக இருக்கின்றன. எடுத்துக் காட்டாக பரிதியத்தின் அணு - எண் 2; அணு - எடை 4. போரானின் அணு-எண் 5; அணு-எடை 10. கார்ப்பனின் அணு-எண் 6; அதன் அணு-எடை 12. ஆனால், அதிகக் கனமுள்ள தனிமங்களின் அணு-எடை அணு-எண்களைவிட

[18] ஆவர்த்தன அட்டவணை - periodic table.

இரட்டிப்பு மடங்கிற்கு மேலுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக ரேடியத்தின் அணு-எண் 88 ; அதன் அணு-எடை 226. யுரேனியத்தின் அணு-எண் 92 ; அதன் அணு-எடை 238. இவற்றை மேலும் உற்றுநோக்க, இலேசான அணுக்கருக்களிலுள்ள நேர் இயல் மின்னிகளின் தொகையும் பொது இயல் மின்னிகளின் தொகையும் ஒன்றாக அல்லது கிட்டத்தட்ட ஒன்று போல் இருக்கின்றன என்றும், அதிகமான அணு-எடை உள்ள தனிமங்களின் உட்கருவிலுள்ள பொது இயல் மின்னிகளின் தொகை நேர் இயல் மின்னிகளின் தொகையை விட மிகவும் அதிகமாய் இருக்கிறது என்றும் அறியக் கிடக்கின்றது.

ஹெய்ஸென்பர்க் கூறும் காரணம்: மேற்கண்ட ஒழுங்கான முறையை விளக்கினார் ஹெய்ஸென்பர்க்[14] என்ற அறிஞர். சில விஷயங்களைக் கற்பனை செய்து கொண்டே அதனை விளக்கினார். அவர் மேற்கொண்ட கற்பனை வெறும் மனோபாவனையால் எழுந்தவையும் அன்று; காரணமற்றவையும் அன்று. அவை அறிவோடொத்தவை; நியாயமானவை. அவருடைய கற்பனையில் மூன்று அம்சங்கள் அடங்கியுள்ளன.

முதலாவது: பொது இயல் மின்னிகள் ஒன்றையொன்று அதிகமாகப் பாதிப்பதில்லை. அவற்றில் மின்னூட்டம் இல்லாததால் அவை ஒன்றையொன்று தள்ளுவதில்லை; அவை ஒன்றையொன்று கவர்கின்றன என்பதற்கும் யாதொரு சான்றும் இல்லை. பொது இயல் மின்னிகளை மட்டிலும் கொண்ட உட்கருவே இல்லை என்பது இதனைப் பின்னும் உறுதிப்படுத்துகிறது.

இரண்டாவது: நேர் இயல் மின்னிகள் ஒன்றையொன்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்றன. காரணம், அவை நேர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டவை.

மூன்றாவது: நேர் இயல் மின்னிகள் ஒன்றையொன்று விலக்கித் தள்ளும் ஆற்றலைவிட நேர் இயல் மின்னிகளும்

[14] ஹெய்ஸென்பர்க் - Heisenberg.

பொது இயல் மின்னிகளும் ஒன்றையொன்று கவரும் ஆற்றலே மிகவும் அதிகமாக இருக்கின்றது. இக்கருத்து நியாயமானதுதான் என்பது இருநியின்[15] அமைப்பு வலி யுறுத்துகிறது. இருநியில் ஒரு நேர் இயல் மின்னியும் ஒரு பொது இயல் மின்னியுமே இருக்கின்றன. அவ்விரண்டையும் இணைக்கும் ஆற்றல் மிகப்பெரியது.

இந்த மூன்று அம்சங்களையும் துணைகொண்டு கதிரியக் கத்தை ஒருவாறு விளக்கலாம். இயன்றவரை எத்தனை நேர் இயல் மின்னி - பொது இயல்மின்னி சோடிகள் அமைய முடியுமோ அத்தனை சோடிகள் அமைகின்றன. இந்த சோடி களைக் கொண்ட தொகுதியே அணுவின் உட்கருவாகும். ஆகவே, அதன் அணு-எடை அதன் அணு-எண்ணுக்கு இரட்டிப்பாக இருக்கிறது. துணுக்குகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாகும்பொழுது சிறு இடத்தில் நேர் இயல் மின்னிகள் அதிகமாக நெருங்குகின்றன. அவற்றினிடையே மின்சார எதிர்ப்பு ஏற்படுகின்றது. ஆகையால், சில நேர் இயல் மின்னி கள் வேறு சில நேர் இயல் மின்னிகளுடன், கலாம் விளைத்துக் கொண்டு அவற்றை வெளியே அகற்ற முயலுகின்றன. எனவே, நேர் இயல் மின்னிகளும் பொது இயல் மின்னிகளும் சமமாகவுள்ள கூட்டத்தைவிட நேர் இயல் மின்னிகளை விட அதிகமான பொது இயல் மின்னிகளைக் கொண்ட ஒரு கூட்டம் நிலைத்த தன்மையாக இருக்கும். கலாம் விளைத்துக் கொள்ளாது சமாதானமாக இருக்கப் புத்திமதிகூறும் நடுவர் களைப் போல் பொது இயல் மின்னிகள் இருக்கின்றன. எனவேதான், எடை மிக்க தனிமங்களில் காணப்படும் நேர் இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையைவிட அவற்றி லுள்ள பொது இயல் மின்னிகளின் தொகை அதிகமாக இருக்கின்றது.

82-க்கு மேல் அணு-எண்களைக்கொண்ட தனிமங்களில் என்ன நிகழ்கிறது என்பதை ஈண்டு காண்போம். ஒன்றோ டொன்று கலாம் விளைத்துக் கொள்ளும் நேர் இயல் மின்னிக ளிடம் அமைதியை நிலைநாட்டப் பொதுஇயல் மின்னிகளால்

---

[15] இருநி – deuteron.

முடிவதில்லை. உட்கரு என்ற சிறிய இடத்தில் நேர் இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கை கட்டுக் கடங்காதபடி அதிகமாகி விடுகின்றது. ஆதலால், அவை பொது இயல் மின்னிகளுடன் சேர்ந்து சிறுசிறு கழகங்களை அமைத்துக் கொள்ளுகின்றன. இரண்டு நேர் இயல் மின்னிகளும் இரண்டு பொது இயல் மின்னிகளும் சேர்ந்து ஒரு கழகமாக அமைகின்றன. இம்மாதிரி இணைந்த சேர்க்கைதான் ஆல்பா - துணுக்கு (அஃதாவது பரிதியத்தின் உட்கரு) என்பதை நாம் அறிவோம். இந்தச் சிறு கழகங்கள் மிகவும் ஒற்றுமையுடையவை என்பது பரிதியக் கட்டின் அமைப்பை அறிந்த நமக்கு நன்ருகத் தெரியும்.

இந்தக் கழகங்களைச் சுற்றிப் பலவகையான குழப்பங்கள் நிகழ்ந்து கொண்டிருந்த போதிலும் அவை அவற்ருல் பாதிக்கப் பெறுவதில்லை. அவை கைகோத்துக்கொண்டு தம் நிலையைவிட்டு ஒற்றுமையாகவே வாழ்கின்றன. கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியுள்ள உட்கருக்களினுள் எவ்வகையான குழப்பங்கள் நிகழ்கின்றன என்பதை மேலே கண்டோம் அல்லவா? சில சமயம் நியூக்கிளியான்களின் பொருள் திணிவு ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது. ஒரு நுண்ணிய எதிர் மின்னியின் பொருள்-திணிவுகூட பேரளவு ஆற்றலை இயற்றக்கூடும் என்பதை நாம் அறிவோம். இந்த ஆற்றல் விடுவிக்கப் பெற்றதும் அந்த அணு வெடிக்கின்றது. ஆனால், அத்தகைய விபத்து நிலையிலும் நேர் இயல் மின்னிகளும் பொது இயல் மின்னிகளும் ஒன்றையொன்று விடாப்பிடியாகப் பிடித்துக் கொண்டிருக்கின்றன. அவை ஆல்பா - துணுக்குகளாகவே வீசியெறியப் பெறுகின்றன. அணுவில் பிறந்த ஆற்றலும் ஆல்பா–துணுக்கைத் தகர்த்தெறியும் வன்மை பொருந்தியதாக இல்லை. அதை வெளியே அகற்றுவதற்கு மட்டுமே போதிய ஆற்றலை அது பெற்றிருக்கின்றது.

வேறு துணுக்குகள்: உட்கருவில் நேர் இயல் மின்னிகளும் பொது இயல் மின்னிகளும் மட்டுமே இருக்கின்றன என்று நாம் அறிவோம். ஆனால், அணுக்கள் வெடிக்கும் பொழுது உட்கருவிலிருந்து சிற்சில சமயம் எதிர் மின்னிகளும்

நேர் மின்னிகளும்[16] வெளிவருகின்றன. இதற்குக் காரணம் என்ன? அணுக்கள் வெடிக்கும்பொழுது சிற்சில சமயம் உருவ மாறுபாடுகள் நிகழ்கின்றன. நேர் இயல் மின்னி பொது இயல் மின்னியாக மாறி ஒரு நேர் மின்னியை வெளி விடுகின்றது; அதைப்போலவே, பொது இயல் மின்னியும் நேர் இயல் மின்னியாக மாறி ஓர் எதிர்மின்னியை வெளிவிடு கின்றது. இவற்றின் பொருள்-திணிவு மிக மிகக் குறைவாக இருப்பதால் இவை பெருவேகத்துடன் வீசியெறியப் படுகின் றன. வெளியே தள்ளப்பெறும் எதிர்மின்னிகள் பீட்டா-கதிர்கள் என்ற பெயரால் வழங்கப் பெறுகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம்.

எஞ்சிய ஆற்றல்: அணுவிலிருந்து வெளித் தோன்றும் ஆற்றல் முழுவதும் ஆல்பா-துணுக்குகளையும் பீட்டா-துணுக்குகளையும் வெளியே தள்ளுவதில் செலவழிந்து போகாமல் இருக்கலாம். அவ்வாறு எஞ்சிய ஒரு பகுதி யாற்றல் கதிர் வீச்சாக வெளியே வருகின்றது. இந்தக் கதிர்வீச்சுகளைத்தான் நாம் காமா-கதிர்கள் என்று வழங்கு கின்றோம். இதை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் தெளிவாக விளக்கலாம். ஒரு மனிதனுக்குக் கோபம் மிக அதிகமாக வருகிறது. அந்தக் கோபவெறியில் அவன் தன் கையில் அகப்பட்ட புத்தகங்களை வீசி எறிகின்றான்; பென்சில்களை வீசி எறிகிறான்; மிகவும் படபடப்பாகவும், உரக்கவும், கடுமையாகவும் பேசுகின்றான். புத்தகங்களை ஆல்பா-துணுக்குகளுக்கும், பென்சில்களை பீட்டா-கதிர்களுக்கும் படபடப்பான சொற்களைக் காமா-கதிர்களுக்கும் ஒருவாறு ஒப்பிட்டுவைக்கலாம்.

---

[16] நேர்மின்னி - positron. இது பொருள் - திணிவு அள விலும் மின்னூட்ட அளவிலும் எதிர்மின்னியை ஒத்துள்ளது. மின்னூட்டத்தின் தன்மையில் மட்டிலும் எதிர்மின்னிக்கு நேர்மாறாகவுள்ளது. அஃதாவது, நேர் மின்சாரத்தைக் கொண்டுள்ளது.

9. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள்

ஒரு சமயம் அமெரிக்க நாட்டில் வாஷிங்க்டன் என்ற நகரில் பத்திரிகையாளர்கள் மாநாடு ஒன்று நடைபெற்றது. மாநாட்டின் முக்கிய நோக்கம் பத்திரிகையாளர்கள் அணு வாற்றலின் உடன்விளைவுப் பொருள்களாகிய[1] கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களால் ஏற்பட்டிருக்கும் நல்விளைவுகளை யெல்லாம் அறியச் செய்வது. மாநாட்டிற்கு வந்திருந்த அன்பர்களில் ஒருவர் 'ஓரிடத்தான் என்றால் என்ன?' என்ற வினாவை எழுப்பினார். அதன் பிறகு அதனையொட்டி நீண்டதோர் ஆராய்ச்சி நடைபெற்றது. அணுவாற்றலை நன்கறிந்த நிபுணர் ஒருவர் அவ் வினாவிற்கு நீண்டதோர் விளக்கம் தந்தார். அதில் அவர் அணு-எடை, அணு-எண் தனிமங்களின் வேதியற்பண்புகள், ஆவர்த்தன அட்டவணை, பொதுஇயல் மின்னிகள், நேர்இயல் மின்னிகள், அணுவின் உட்கருவின் அமைப்பு[2] முதலிய பல்வேறு அரிய செய்திகளை விரிவாக எடுத்துரைத்தார். ஒரு கரும்பலகையைக்

[1] உடன் விளைவுப்பொருள் - by-product.

[2] அணுவின் உட்கருவின் அமைப்பு - composition of atomic nucleus.

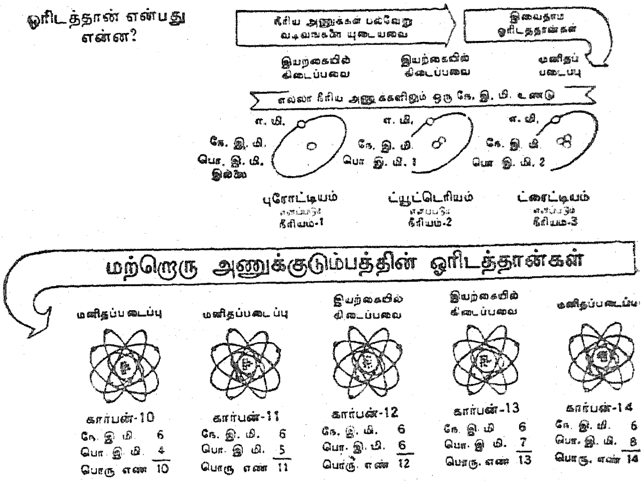
கொணர்ந்து பல்வேறு வரைப் படங்கள்[3] வரைந்து காட்டப் பெற்றன. கருநிறமுள்ள வட்டங்கள், வெண்மை நிறமுள்ள வட்டங்கள் வரையப்பெற்று அணுவின் இயைபுப் பகுதிகள்[4] விளக்கப் பெற்றன. இவ்வாறு நடைபெற்ற நீண்டதோர் ஆராய்ச்சியில் பத்திரிகையாளர்களில் ஆழ்ந்த அறிவுடைய பலர் பல்வேறு வினுக்களை எழுப்பினர். அவற் றிற்கெல்லாம் விரிவான விளக்கம் தரப்பெற்றது. இறுதியாக வினு விடுத்தல் நிறுத்தப் பெற்றது. இதை விளக்குவதற் காக வந்திருந்த அறிவியலறிஞர்கள் அடுத்த பொருளுக்குச் செல்ல விரைந்தனர். ஆயினும், இன்னும் விளக்கம் பெரு திருப்போர் ஒன்றிரண்டு வினுக்களை விடுக்கலாம் என்று ஒரு வாய்ப்புத் தந்தனர். முதல் வினுவை எழுப்பிய அன்பர் கையை உயர்த்தி, எழுந்து நின்று, சற்றுக் கனைத்துக் கொண்டு, இதுகாறும் தந்த விளக்கத்திற்குத் தன் பாராட்டு தலைத் தெரிவித்துவிட்டு இவ்வாறு உரைத்தார்: "ஒரு சிறியதொரு பகுதி இன்னும் சரியாக விளங்கவில்லை. ஓரிடத்தான் என்பது என்ன? திட்டமாக உரைத்திடுமின்!" என்று.

பெரும்பாலான மக்கள் ஓரிடத்தான்கள் என்பது என்ன என்பதைப் புரிந்துகொள்ள முடியாததனுல்தான் அவை அணுவாற்றல் வளர்ச்சியின் தொடக்க நிலையிலேயே எவ்வளவு தூரம் மனித நலனுக்குப் பயன்படுகின்றன என் பதை முக்கியமாகக் கொள்ள முடிவதில்லை. அணுவின் கதை என்ற காவியத்தில் ஓரிடத்தான்களின் வரலாறு மிகவும் மகிழ்வூட்டத்தக்க பகுதியாகும். நோய்வாய்ப்பட் டிருப்பவர்களைக் குணப்படுத்தவும், நோய்களைப்பற்றி அதிக மாக அறிந்துகொள்ளவும், உற்பத்தித் துறைகளைத் திற னுடையவையாக்கவும், பயிர்கள் அதிகமான பலனைத் தரவும், கால்நடைப் பண்ணைகள், கோழிப் பண்ணைகள் போன்றவை அபிவிருத்தி அடையவும் அவை பெரிதும் பயன்படுகின்றன. ஓரிடத்தான்களைப்பற்றிய துறையில் முறியடிக்கப்பட வேண்டிய கொள்கையொன்றும் இல்லை;

[3] வரைப் படங்கள்-diagrams. [4] இயைபுப் பகுதிகள் - constituent parts.

அரசியல் சட்டங்களோ பொருளாதார நிபந்தனைகளோ அதனைத் தீர்மானிக்க வேண்டியதில்லை. எதிர்காலத்தில் சில நன்மைகள் விளையட்டும், அதன் பிறகு பார்த்துக் கொள்ளலாம் என்று காத்திருக்க வேண்டியதுமில்லை.

ஓரிடத்தான்-விளக்கம் : ஓரிடத்தான் என்பது என்ன? பேரறிஞர்கள் தந்த விளக்கத்தாலும் புரிந்து கொள்ள முடியாத ஒன்றை என்னால் விளங்க வைக்க முடியும் என்று எனக்குத் தோன்றவில்லை. ஓரளவு முயன்று பார்க்கிறேன். ஓரிடத்தான் என்பது அணுவில் ஒரு வகை; ஒரே தனிமத்தில் அடங்கியிருக்கும் அதன் அணுவின் ஒரு தனி வகையிலிருந்து எடையில் வேற்றுமையுள்ள மற்றொரு வகை. ஆனால், அணுவகைக்கு அணுவகை இவ்வாறு வேற்றுமை



படம் 20.

இருந்தபோதிலும் ஒரு தனிமத்தின் எல்லாவகை ஓரிடத்தான்களும் வேதியற் கிரியைகளில் முற்றும் ஒன்றுபோலவே செயல்புரிகின்றன. நீரியம், கார்பன் ஓரிடத்தான்கள் படத்தில் காட்டப் பெற்றுள்ளன (படம்–20). ஓரிடத்தான்களை

இரட்டைப் பிள்ளைகளுடன் ஒப்பிட்டுக் கூறலாம். ஒரே தாய், ஒரே தந்தை, ஒரே வீடு, ஒரே செல்வம் ஆகிய அம்சங்களில் இரட்டைப் பிள்ளைகள் ஒன்றுபோலிருப்பினும் அவர்களின் உடலமைப்பில் சிறிது மாறுபாடு இருந்தே தீரும். இத்தகைய இரட்டைப் பிள்ளைகளைப் போன்றவையே ஓரிடத்தான்களும். இதைவிட இன்னும் சற்று விரிவாகவும் விளக்கமாகவும் அறிந்துகொள்ள வேண்டுமாயின், அதன் வரலாற்றை ஓரளவு சுருக்கமாக அறிந்துகொள்ளத்தான் வேண்டும்.

ஓரிடத்தான்-வரலாறு: ஆதியில் இயற்கையை ஆராயத் தொடங்கிய மனிதன் தன்னைச் சுற்றிலுமுள்ள பொருளை இனங்காணத் தலைப்பட்டான். முதன் முதலாக, தான் சுவாசித்த காற்றையும், பருகிய நீரையும், உண்ட தாவரங்களையும் பிராணிகளையும், எரித்த உரோமங்களையும் நிலக்கரியினையும், குடியிருப்பதற்கு வீடுகட்டிய கல்லையும் மண்ணையும், உணவு கெடாது பாதுகாப்பதற்குப் பயன்படுத்திய உப்பையும் இனங்கண்டான். காலப்போக்கில் இப்பொருள்களில் பெரும்பாலானவை வேறு சில அடிப்படையான பொருள்களானவை என்பது அவனுக்குப் புலனாயிற்று. எனவே, நீர் என்பது உண்மையில் நீரியம், உயிரியம் என்ற இரண்டு வாயுப் பொருள்களாலானது என்றும், உப்பு என்பது சோடியம் என்ற திடப் பொருளும் குளோரின் என்ற வாயுப் பொருளும் கலந்ததொரு பொருள் எனவும் அறிந்தான்; அவை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுகளில் சேர்ந்து புதிய பொருளாக மாறினமையால் முதற் பொருள்களின் தன்மையே அடியோடு மறைந்தது என்பதையும் கண்டான். இறுதியாக, இவ்வுலகில் 92 வகையான அடிப்படைப் பொருள்கள் இயற்கையில் அமைந்திருக்கின்றன என்றும், அவற்றிலிருந்து வேறு பொருள்களைப் பிரிக்கமுடியாதெனவும் அறிந்தான். இந்த அடிப்படைப் பொருள்கள், 'தூய்மையானவை'. இவை தம்மொடு தாமும் பிறிதுமாகச் சேர்ந்து தான் இவ்வுலகிலுள்ள ஏனைய பொருள்கள் உண்டாகின்றன. இவற்றின் தனித் தன்மையைக் கண்ட மனிதன் அவற்றிற்குத் 'தனிமங்கள்' என்ற பெயரையும் சூட்டினான். இந்த

92 அடிப்படைப் பொருள்களையும் நீரியம், கார்பன்[5], உயிரியம் போன்றவற்றை இலேசான பொருள்கள் என்றும், வெள்ளி, இரும்பு, துத்தநாகம் போன்றவற்றைக் கனமான பொருள்கள் என்றும், பொன், யுரேனியம், ஈயம் போன்றவற்றை மிகக் கனமான பொருள்கள் என்றும் வகைப் படுத்தினுன்.

நீண்ட காலமாகவே, மனிதன் இந்த 92 அடிப் படைப் பொருள்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒரே மாதிரியாகவே இருந்தன என்று நினைத்தான். எனவே, இவ்வுலகிலுள்ள நீரியம் எல்லாம் ஒரே மாதிரியாகத்தான் இருக்கும் என்றும், இவ்வுலகெங்கும் கிடைக்கும் யுரேனியம் முழுதும் ஒரே தன்மையுடையது என்றும் நினைத்திருந்தான். இவ்வாறு அவன் கருதினமைக்கு நல்லதொரு காரணமும் இருந்தது. அஃதென்னவெனில், எல்லா நீரியமும் ஒரேமாதிரிதான் காணப்பட்டது; ஒரே மாதிரியாகவே செயலும் புரிந்தது. யுரேனியமும் அவ்வாறே தென்பட்டது. உண்மையில், 92 தனிமங்களிடமும் இந்த உண்மையைத்தான் அவன் கண்டான்.

ஆனுல், இன்றைய நிலை வேறு. ஒன்று சேர்ந்து தனிமங் களாகும் அணுக்களிலும் வேற்றுமைகள் உள்ளன என்பதை மனிதன் உணரத் தொடங்கி யிருக்கிருன். எனவே, எல்லா நீரியமும் திட்டமாக ஒரே மாதிரியாக இல்லை; அவ்வாறே பொன், வெள்ளி, உயிரியம், யுரேனியம் ஆகியவையும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கவில்லை. இந்த வேற்றுமைகள் எடையைப் பாதிக்கச் செய்கின்றன. சிலவகைத் தனிமங்கள் பிறவற்றைவிட எடையில் இலேசாகவோ கனமாகவோ இருக்கின்றன. ஆனுல், பெரும்பாலானவை கதிரியக்க விளைவு[6] தரக்கூடியனவாக உள்ளன. சிலவகைகளின் ஒரு தனிமம் புதிர்க் கதிர்கள் போன்ற காணுக் கதிர்களை[7] விளை விக்கின்றன; பிற அவ்வாறு செய்வதில்லை. இத்தகைய கதிர்களை அல்லது 'அணுப் பொறிகளை'[8] வெளிவிடும்

---

[5] கார்பன் - carbon. [6] கதிரியக்க விளைவு-radioactivity. [7]காணுக் கதிர்கள்-invisible rays. [8] "அணுப்பொறிகள்" — "atomic sparks".

பொருள்கள் கதிரியக்கப் பொருள்கள் என்று வழங்கப் பெறுகின்றன. இயற்கையிலேயே கதிரியக்கம் பெற்ற[9] பொருள் எல்லோருக்கும் மிக நன்ருகத் தெரிந்த ரேடியம்[10] என்பது.

இப்புவியின் அடிப்படையாக உள்ள 92 பொருள்களுக்கும் "தனிமங்கள்" என்று பெயர் சூட்டிய மனிதன் தனிப்பட்ட ஒவ்வொரு தனிமத்திலும் அடங்கியுள்ள வெவ்வேறு வகைப் பொருள்களுக்கும் புதியதொரு பெயர்சூட்ட விழைந்தான். அவன் தேர்ந்தெடுத்த பெயர் 'ஐசோடோப்பு'[11] என்பது. ஐசோடோப் என்பது ஐசோ (iso), டோபாஸ் (tops) என்ற இரண்டு கிரேக்க சொற்களடங்கிய சொல்லாகும். iso என்பதற்கு 'ஒரே' (same) என்பது பொருள்; topos என்பது 'இடம்' (place) என்ற பொருளைத் தருவது. பிரெடெரிக் சாடி[12] என்ற ஆங்கில அறிவியலறிஞர்தான் முதன் முதலாக இப்பெயரைச் சூட்டினுர். தமிழில் நாம் இதனை 'ஓரிடத்தான்'[13] என்று வழங்குவோமாக. சிலர் ஒன்றி வாழிகள் என்றும், சமனிகள் என்றும் வழங்குகின்றனர்.

ஓரிடத்தான் - இனங்காணல் : எனவே, ஓரிடத்தான் என்பது ஒரு வகை அணு; அது வேதியற் செயலில் இன்னெரு வகை அணுவைப் போலிருந்தாலும் எடையில் மட்டிலும் மாறுபடுகிறது என்பதை அறிகின்ருேம். பொன்னின் ஓரிடத்தான் பொன்னே; ஆயின், ஏனைய பொன்னைப்போல் அது முற்றிலும் பொன்போல் இருப்பதில்லை. அங்ஙனமே சோடியத்தின் ஓரிடத்தானும் சோடியமே; ஆனுல், அது முற்றிலும் ஏனைய சோடியத்தை ஒத்திருப்பதில்லை. ஓரிடத்தான் கதிரியக்கம் பெருதிருந்தால் அதனை அப்பொருளின் வேறு வகை அணுக்களிலிருந்து மிகச் சிக்கலான ஆய்வகக் கருவித் தொகுதியினுல்தான்[14] வேறுபடுத்தி அறிய முடி-

---

[9] கதிரியக்கப் பெற்ற - radioactive. [10] ரேடியம் - radium. [11] ஐசோடோப்பு - isotope. [12] பிரெடெரிக் சாடி - Frederick Soddy. [13] ஓரிடத்தான் - isotope. [14] ஆய்வகக் கருவித் தொகுதி - laboratory equipment.

யும். ஆனால், அது கதிரியக்கமுடையதாக இருந்தால் அதனைக் கைகர் எண்-கருவி[15] என்ற கருவியின் மூலம் இனங் கண்டு கொள்ள முடியும். ஓரிடத்தானிலிருந்து உமிழப் பெறும் கதிர்கள் கைகர் எண்-கருவியின்மீது படுங்கால் 'கிளிக்' என்ற ஓர் ஓசை உண்டாகிறது. அந்த ஓசையைக் கொண்டு ஓரிடத்தான் இருப்பை அறியலாம். இன்று நிமிடத் திற்கு 10,000 வரை எண்ணிக் காட்டக்கூடிய கருவியும் கண்டறியப் பெற்றிருக்கின்றது.

ஓரிடத்தான் - குறியீடு; அணுவின் உட்கருவினுள் இருக் கும் துணுக்குகளின்[16] எண்ணிக்கையைக் கொண்டே ஓரிடத் தான் குறியீடு செய்யப்பெறுகின்றது. நீரியம்-1 என்றால் நீரியக் கருவில் ஒரு துணுக்கு இருக்கிறது என்பது பொருள்; நீரியம்-2, நீரியம்-3 என்பவற்றில் முறையே இரண்டு, மூன்று துணுக்குகள் இருக்கின்றன என்று கொள்ள வேண்டும். (படம்-20ஐப் பார்க்க). இதே குறியீட்டின்படியே உயிரியம் - 16, 17, 18 என்றும், யுரேனியம் - 233, 234, 235, 238 என்றும் குறியிடப் பெறுகின்றன. இவற்றுள் யுரேனியம் – 235 மட்டிலுந்தான் மிகவும் கவர்ச்சிகரமானது. காரணம், பக்குவிடச் செய்வதற் கேற்றவாறு அணு அமைப்பினைக் கொண்டுள்ள இயற்கையில் கிடைக்கக்கூடிய ஒரே பொருள் அதுதான். யுரேனியம் - 233ம் பக்குவிடக் கூடியது[17]தான்; ஆனால், அது புளூட்டோனியத்தைப் போலவே செயற்கை முறையினாலானது.

இவ்விடத்தில் அணுவினுள் இருக்கும் துணுக்குகளை மீண்டும் நினைவுபடுத்திக் கொள்ளுதல் இன்றியமையாதது. ஓர் அணுவின் உட்கருவினுள் நேர்இயல் மின்னிகளும் பொது இயல் மின்னிகளும் அடங்கியுள்ளன என்றும், அவைதாம் அணுவின் எடைக்குக் காரணமாகவுள்ளன என்பதையும் முன்னர்க் கண்டோம். ஓர் உட்கருவினைச் சுற்றியுள்ள எதிர் மின்னிகள் தாம் அவ்வணுவின் வேதியற்கிரியைகளில் செயற் படுகின்றன என்பதையும், அதுவும் வெளிப்புறமாகவுள்ள

[15] கைகர் எண்-கருவி - Geiger counter.

[16] துணுக்கு-particle. [17] பக்கு விடக்கூடிய-fissionable.

ஒரு சில எதிர்மின்னிகள்தாம் அவற்றில் பங்கு கொள்ளுகின்றன என்பதையும் நாம் அறிவோம். அணுவின் விட்டத்தை நோக்க, உட்கரு மிகவும் சிறியது ; எதிர்மின்னிகள் உட்கருவிற்கு அப்பால் மிகத் தள்ளியிருப்பதால் அவை பங்கு கொள்ளும் வேதியற் கிரியை உட்கருவினைச் சிறிதும் பாதிப்பதில்லை. அணு, மின்சார - நடுநிலை வகிப்பதால் அதில் கோள் நிலையில் இயங்கும் எதிர் மின்னிகளின் எண்ணிக்கை அணுக் கருவினுள்ளிருக்கும் நேர்இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். இந்த எண் தான் அணு-எண் என்பது. ஒரேஅணு எண்ணைக் கொண்ட அணுக்கள் யாவும் ஒத்த வேதியற் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கும். பொது இயல் மின்னிகள் நேர் இயல் மின்னிகளுடன் சேர்ந்து புதிய விதமான அணுக்கருக்களை உண்டாக்கக் கூடும் ; இதனுல் பல்வேறு எடைகளைக் கொண்ட அணுக்கருக்களை அடைகின்ருேம். அவற்றிலுள்ள நேர் இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கை மாருதிருப்பதால், அணுக்களின் வேதியற் பண்பும் மாருதிருக்கின்றது. எடுத்துக் காட்டாக (படம்-20 பார்க்க) கார்பனின் அணு எண் 6; ஆனுல், கார்பனின் அணுக்கரு ஐந்து வடிவங்களில் அமைகின்றது :

கார்பன் - 10	...	6 நேர் இயல் மின்னிகள் + 4 பொது இயல் மின்னிகள்.
கார்பன் - 11	...	6 நேர் இயல் மின்னிகள் + 5 பொது இயல் மின்னிகள்.
கார்பன் - 12	...	6 நேர் இயல் மின்னிகள் + 6 பொது இயல் மின்னிகள்.
கார்பன் - 13	...	6 நேர் இயல் மின்னிகள் + 7 பொது இயல் மின்னிகள்.
கார்பன் - 14	...	6 நேர் இயல் மின்னிகள் + 8 பொது இயல் மின்னிகள்.

இதிலிருந்து ஒரே தனிமம் பல்வேறு எடைகளைப் பெற்று அத்தனிமத்தின் ஓரிடத்தான்களாகின்றன என்பதை அறிகின்ருேம். நேர் இயல் மின்னியின் எடையும் பொது இயல்

மின்னியின் எடையும் சமம் என்று அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர்.

சாதாரணமாக இருக்கவேண்டிய விகிதத்திற்கு அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ பொதுஇயல் மின்னிகள் இருந்தால், அது அத்தனிமத்தின் அணுக்கருப் பண்புகளை மாற்றுகின்றன; ஆனால், அதன் வேதியல் தன்மையை மாற்றுவதில்லை. இந்தச் சமன்பாடின்மை போதுமான அளவு இருந்தால், அந்த அணுக்கரு நிலையற்றதாகிவிடுகின்றது; அது நிலையான மாற்ற நிலையை[18] அடையும் வரை கதிர் வீசல்[19] நடைபெற்றுக்கொண்டே யிருக்கிறது. கார்பனின் அணுக்கருக்களைப் பொறுத்த வரையில், கார்பன்–12, கார்பன்–13 மட்டிலுந்தான் நிலையானவை. கார்பன்–10லும் கார்பன்–11லும் ஒரு சில பொது இயல் மின்னிகள் மட்டிலுமே இருப்பதால், அவை நேர் மின்னிகளை[20] வெளிவிட்டு முறையே போரான்[21] - 10 ஆகவும் போரான் - 11 ஆகவும் மாறுகின்றன. ஆனால், கார்பன் - 14ல் அதிகமான பொது இயல் மின்னிகள் இருப்பதால் அது நிலைத்த தன்மையைப் பெற்றுவிடுகின்றது; அது எதிர் மின்னிகளை வெளிவிட்டு நைட்ரோஜென் - 14 ஆக மாறுகின்றது.

ஓரிடத்தான் வகைகள்: ஓரிடத்தான்களில் இருவகை உண்டு. அவற்றுள் ஒருவகை நிலைத்த தன்மையுடையவை. இவற்றின் ஒரு பகுதி சிதைந்தழிந்து நாளடைவில் நிலைத்த தன்மையைப் பெறுகின்றது. மற்றொரு வகை நிலையற்றவை; இவற்றைக் கதிரியக்கமுள்ள ஓரிடத்தான்கள் என்றும் வழங்குவர். கதிரியக்கமுள்ள தனிமங்களைத் தவிர, ஏனைய இயற்கைத் தனிமங்கள் பெரும்பாலானவற்றிலும் முதல் வகையைக் காணலாம். இரண்டாம் வகையை இயற்கையில் காண்பது அரிது. அவை யுரேனியம் போன்ற கனமான தனிமங்களிடத்தில் மட்டிலுந்தான் காணப்படும். 1934-ஆம் ஆண்டிலிருந்து பிரெடெரிக் ஜோலியட்[22] என்பாரும்

[18] நிலையான மாற்ற நிலை – stable configuration. [19] கதிர் வீசல் - radiation. [20] நேர்மின்னி - positron. [21] போரான்– boron. [22] பிரெடெரிக் ஜோலியட் - Frederick Joliot.

அவருடைய துணைவியார் ஐரென் குயூரி[23] அம்மையாரும் செயற்கை முறையில் கதிரியக்கமுள்ள ஓரிடத்தான்களை உண்டாக்கும் முறையினைக் கண்டறிந்த பிறகு இவ்வகை ஓரிடத்தான்கள் எண்ணிக்கையில் உயர்ந்தன. அண்மையில் கண்டறியப் பெற்ற அணு - உலைகளின் மூலம் இவற்றின் உற்பத்தி பின்னும் பெருகிவிட்டது. உலகின் எல்லாப் பகுதிகளிலுமுள்ள பௌதிக அறிஞர்கள்[24] ஜோலியட் தம்பதிகளின் அடிச்சுவட்டைப் பின்பற்றி ஓரிடத்தான்களின் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டு பிற தனிமங்களைக்கொண்டும் பல சோதனைகள்[25] நடத்தினர். மிக விரைவில் பல டஜன் ஓரிடத்தான்களைக் கண்டறிந்து விட்டனர்; அவற்றின் தன்மைகளும் விரைவில் புலனாயின. இன்று வரையில் அவர்கள் தாம் அறிந்த 100 தனிமங்களின் 1300 ஓரிடத்தான்களைக் கண்டறிந்துள்ளனர். அவற்றுள், 800 கதிரியக்கமுடையவை. ஆகவே, அவை செயற்கைக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் என்று வழங்கப்பெறுகின்றன. செயற்கை இரசவாதம்[26] சித்தியாய்விட்டது. ஆவர்த்தன அட்டவணை என்ற மாளிகையின் சிகரத்தில் வீற்றிருந்த யுரேனியத்தைவிட அதிகமான அணு - எண் கொண்ட தனிமம் இருக்க முடியாதென உறுதியாகக் கொண்டிருந்த நம்பிக்கை பொய்த்துப் போயிற்று. இப்பொழுது அந்த அட்டவணையில் சில புதிய தனிமங்கள் இடம் பெற்றுவிட்டன. அவை யுரேனியத்தை அதன் உச்சநிலையிலிருந்து தள்ளி அதைக் கடந்து அதற்கப்பாலுள்ள இடங்களில் அமர்ந்திருக்கின்றன. அவை போலிகளும் போக்கிரிகளும் உயர்ந்த பீடங்களைப் பெறும் இவ்வுலகியலைக் காட்டி நிற்கின்றனவன்றோ? அணு ஆராய்ச்சி என்ற நீண்டதோர் பாதையில் செயற்கை முறை ஓரிடத்தான்களின் உற்பத்தி பெரிய மைல் கற்களில் ஒன்று என்பதற்குத் தடையொன்றும் இல்லை. ஆயினும், அதைவிட முக்கியமானது மற்றொன்று உள்ளது. இந்த ஓரிடத்தான்களை அறிவியலறிஞர்கள் மருத்துவ இயல், பயிர்த்

[23] ஐரென் குயூரி - Irene Curie. [24] பௌதிக அறிஞர்கள்-physicists. [25] சோதனைகள்-experiments. [26] செயற்கை இரசவாதம் - artificial transmutation.

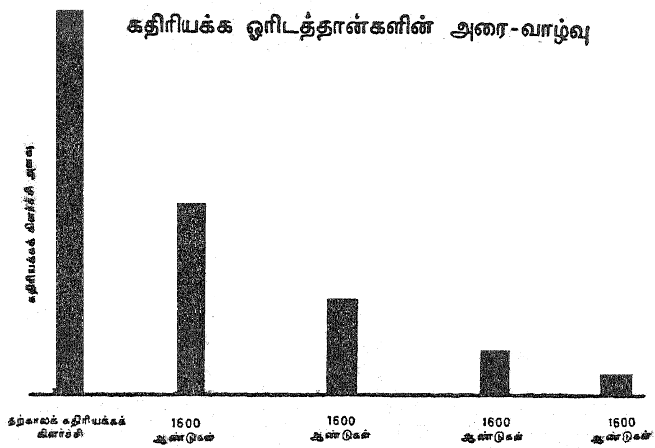
தொழிலியல், தொழிற்சாலை, அறிவியலாராய்ச்சி முதலிய பல துறைகளிலும் பயன்படுத்தும் திறமையான முறைகளைக் கண்டறிந்திருப்பதுதான் அது. இம்முறைகளைப் பின்னர்க் காண்போம்.

கதிரியக்கமுள்ள ஓரிடத்தான்—பண்புகள்: கதிரியக்கமுள்ள ஓரிடத்தான்கள் பல முறைகளில் பயன்படுகின்றன என்பதை மேலே சுட்டியுரைத்தோம். அத்தகைய ஓரிடத்தான்களின் உயர் பண்புகள்தாம் யாவை? கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் சிதைந்தழிகின்றன என்று மேலே கூறினோம் அல்லவா? அவ்வாறு அவை சிதையுங்கால் துணுக்குகளையும் ஆற்றலையும் வெளியிட்ட வண்ணமிருக்கின்றன. பெரும்பாலும் ஆற்றல் சூடாகவே வெளிப்படுகின்றது. இச் சூடு கண்ணுக்குத் தெரியாத கதிர்களாக வெளிப்படுகின்றது. கதிரியக்கமுள்ள பொருள்கள் மூன்றுவித கதிர்களை வெவ்வேறு அழுத்தத்திலே[27] வெளியிடுகின்றன என்றும், அவை பேராற்றல் வாய்ந்தவை என்றும் முன்னர்க் கண்டோம். இக்கதிர்கள் மிகவும் அபாயகரமானவை; மானிட உடலுக்குப் பெருங்கேட்டை விளைவிக்கக் கூடியவை. எனவே, கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கையாளுபவர்கள் மிகக் கவனத்துடன் தம்மைப் பாதுகாத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

மற்றொரு பண்பு-அரை-வாழ்வு: கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களிடம் மற்றொரு மிக முக்கியமான பண்பு உள்ளது. அஃதாவது, அவை ஒரு மாறுத வேகத்தில் சிதைந்து அழிந்து இறுதியில் கதிரியக்கத் தன்மையையே இழந்துவிடுகின்றன. இக்கிரியை முழுவதும் தானகவே நடைபெறுகின்றது; எந்தவித இயந்திர யுக்தியைக் கொண்டும் அக்கிரியையின் வேகத்தை மிகுதிப் படுத்தவும் முடியாது; குறைவாக்கவும் முடியாது. ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தனிமத்திலும் விநாடிதோறும் அப்பொருளின் குறிப்பிட்ட ஒரு சிறு பகுதி சிதைந்தழிந்த வண்ணமிருக்கின்றது. இப்பகுதி மிகப் பேரளவில் இருந்தால், இக்கிரியை மிகத் தீவிரமாக நடைபெறும்;

[27] அழுத்தம் - intensity

எல்லா அணுக்களும் உடைந்து ஒரு விஞடிக்குள் வேறு பொருளாக மாறிவிடக்கூடும்; வேறு சிலவற்றில் சில நிமிடங்களில் அல்லது சில மணிகளில் இக்கிரியை முற்றுப்பெறும். சிதைந்தழியும் பகுதி சிறிதாக இருந்தால் கதிரியக்கக் கிரியை[28] வலிவற்றதாக இருக்கும்; கதிரியக்கத் தனிமமும் ஆண்டுக் கணக்கில் அல்லது நூற்றுண்டுக் கணக்கில் சிதைந்தழிந்து கொண்டேயிருக்கும். அவ்வாறு சிதைந்தழியும் வேகம் எந்த ஒரு தனிமத்திற்கும் ஒரே அளவாகத் தானிருக்கும். எனவே, அணுக்களின் நிலையிலாத்தன்மையின் வேகத்தை, அஃதாவது கதிரியக்கக் கிரியையின் தீவிரத்தை, ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுள்ள தனிமம் அது பாதியாவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்தை அளவாகக் கொண்டு அளக்கலாம். (படம்-21). அக் காலஅளவினை



படம் 21.

அறிவியலறிஞர்கள் அத்தனிமத்தின் ‘அரை - வாழ்வு’[29] என்று வழங்குவர். ‘அரை—வாழ்வு’ என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட

---

[28] கதிரியக்கக் கிரியை-radioactivity. [29] ‘அரை-வாழ்வு’—‘half-life’.

அளவு கதிரியக்கத் தனிமம் அந்த அளவில் பாதியாக மாறு வதற்கு எடுத்துக் கொள்ளும் காலம். அப்பொருள் நிலைத் திருக்கும் தன்மையைப் பெறும்வரை இக்கிரியை தொடர்ந்து நடைபெற்றுக்கொண்டே இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு கிராம்[30] எடை ரேடியம் அரை கிராம் எடை ரேடிய மாகச் சிதைந்தழிவதற்கு 1600 ஆண்டுகள் ஆகின்றன. எனவே, ரேடியத்தின் அரை-வாழ்வு 1600 ஆண்டுக ளாகும். இவ்வாறே யுரேனியத்தின் அரை-வாழ்வு 4000 மிலியன் யாண்டுகள்; அஃதாவது, 40000 இலட்சம் யாண்டுகள். போலோனியத்தின்[31] அரை-வாழ்வு 136 நாட்களாகும்.

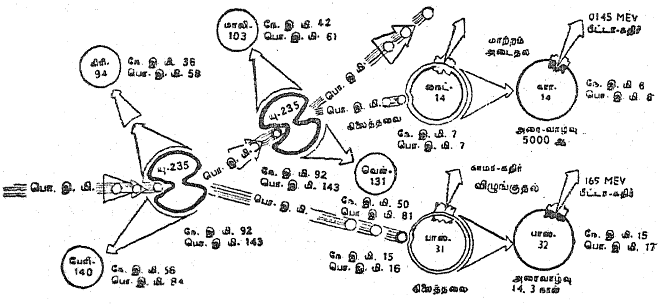
கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அரை-வாழ்வும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் தனி வாழ்வும் மிக விரிந்த நிலையிலிருக் கின்றன. அவற்றின் அரை-வாழ்வு சில விநாடிகளிலிருந்து பல நூற்றாண்டுகள் வரை அமைந்திருக்கின்றன. ஓரிடத் தான்களின் அரை-வாழ்வு அவற்றை நேரடியாகப் பயனுள்ள தாக்குகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, தோரியம்-ஏ என்ற ஓரிடத்தானின் அரை-வாழ்வு ஒரு விநாடியின் சிறு பகுதி யில் அடங்கி விடுகின்றது. இதனால் யாதொரு பயனும் இல்லை. வேறு சில ஓரிடத்தான்களின் அரை-வாழ்வு நிமிடக் கணக்கிலும், மணிக் கணக்கிலும், நாள் கணக்கிலும் அமைந்துள்ளன. அவை பல்வேறு முறைகளில் பயன்படு கின்றன. அவற்றுள் சில: ரேடியம்-சி 19·7 நிமிடங்கள்; நெப்டூனியம்[32], 32 மணிகள்; பாஸ்வரம்-17, 14 நாட்கள். அன்றியும், ஆயிரம், பத்து இலட்சம்[33] ஆண்டுகள் அரை-வாழ்வுகொண்ட ஓரிடத்தான்களும் உள்ளன. அண்மையில் கண்டறியப் பெற்றவைகளில் ஒன்று அலுமினியம்-26 என் பது; அதன் அரை-வாழ்வு கிட்டத்தட்டப் பத்து இலட்சம் யாண்டுகள் எனக் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன. இதுகாறும் கண்டறியப் பெற்ற எல்லாக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களிலும்

---

[30] gram - கிராம் (எடை அளவு). [31] போலோனியம் - polonium. [32] நெப்டூனியம்-neptunium. [33] பத்து இலட்சம்-million.

நமக்கு மிகவும் பழக்கமுடையது யுரேனியம்-235 என்பது. இதுதான் அணுகுண்டின் தாய்; அணுவாற்றலை முதன் முதலாக வெளிப்படுத்தக் காரணமாக இருந்த பொருள்.

ஓரிடத்தான்கள் - உற்பத்தி: ஓரிடத்தான்கள் எவ்வாறு உண்டாக்கப் பெறுகின்றன? எந்த அணுக்கருவினையும் பொது இயல் மின்னிகள், நேர் இயல் மின்னிகள், ஆல்பா-துணுக்குகள், இருநி ஆகிய துணுக்குகளால் தாக்கினால், ஓர் எதிர்வினை[34] உண்டாகி அதனால் வேறுபட்ட ஒரு அணுக்கரு உண்டாகக்கூடும். (படம் - 22). முதன்



தொடர்நிலை விளைவு ஓரிடத்தான் உற்பத்தி

படம் 22

முதலாக 1930-ல் தான் அணுவினைச் சிதைக்கும் அரக்கப் பொறிகளாம் சுழலினிகளில் இத்துணுக்குகளைச் செலுத்தி இயக்கி செயற்கை முறையில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் உண்டாக்கப் பெற்றன. இக்காலத்தில் அணு அடுக்குகளில் ஏராளமான பொது இயல் மின்னிகள் கிடைக்கின்றன. பெரும்பாலான ஓரிடத்தான்கள் இவ்வணு அடுக்குகளிலேயே உற்பத்தி செய்யப்பெறுகின்றன. அணுக்கரு எரியைகளைப்[35] பிளவுறச் செய்யும் அணு உலைகளில் உடன் விளைவுப் பொருள்களாகக் கிடைக்கும் ஓரிடத்தான்களால் சிறிதும் பயன் இல்லை. காரணம், கலவைகளாகக் கிடைக்

[34] எதிர்வினை - reaction. [35] அணுக்கரு எரியை - nuclear fuel.

கும் ஓரிடத்தான்களினின்றும் பயனுள்ள கதிர்களையும் நீண்ட அரை-வாழ்வுகளையும் கொண்ட ஓரிடத்தான்களைப் பிரித்தெடுப்பதில் மிக்க சிரமம் இருக்கிறது; கட்டுக்கடங்காத பொருட் செலவும் ஏற்படுகிறது. ஆனால், அவை குறைந்த செலவில் பிரித்தெடுக்கப் பெற்றுத் தூய்மையாக்கப் பெற்றால் அவற்றால் இன்றியமையாத பயன்கள் உண்டு. இன்று அணு உலைகள் எங்கனும் பெருவழக்காக இருப்பதால் ஓரிடத்தான்களைத் தூய்மையாக்குவதற்கு அதிகப் பொருட் செலவில்லாத முறைகள் தோன்றுதல் கூடும்; ஓரிடத்தான்களின் விற்பனை தொழிற்சாலைக்கு அதிகப்படியான வருமானத்திற்கு ஒரு மூலமாகவும் அமைகின்றது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டு அணுவாற்றல் குழுவின்[36] ஆதரவில் நடைபெறும் ஸ்டான் போர்டு ஆராய்ச்சி நிலையத்தில்[37] நடைபெற்ற ஆராய்ச்சியினால் மாசுள்ள பிளவுற்ற உற்பத்திப் பொருள்கள்[38] குயூரி ஒன்றுக்கு 0·02 டாலரிலிருந்து (2 சென்டுகள்) 2 டாலர் வரையிலும் விலைக்குக் கிடைக்கச் செய்யலாம் என்று மதிப்பிடப் பெற்றிருக்கின்றது. 'குயூரி' என்பது கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியில் கொள்ளப்பெறும் ஒரு புதிய அளவு. 100,000 டாலர் விலையுள்ள ஒரு கிராம் எடையுள்ள ரேடியத்தினால் உண்டாகும் கதிர்வீசல் அளவினைக் குறிக்கும் அளவு இது. அன்றியும், அதே ஆராய்ச்சியால் பிரித்தெடுக்கப்பெற்றுத் தூய்மையாக்கப் பெற்ற தனி ஓரிடத்தான்களை குயூரி[39] ஒன்றுக்கு ஒரு டாலரிலிருந்து 100 டாலர் வரை விலை மதிப்புள்ளதாக உற்பத்தி செய்யலாம் என்றும், ஒரு பவுண்டு (இராத்தல்) மாசுள்ள அணு உலைப் பொருள்[40]களிலிருந்து 30,000 குயூரிகள் கிடைக்கும் என்றும் கண்டறியப் பெற்றிருக்கின்றது. இந்த விலையில் அவற்றைத் தொழில் துறையிலும் வணிகத் துறையிலும்

---

[36] அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டு அணுவாற்றல் குழு - U. S. Atomic Energy Commission. [37] ஸ்டான்போர்டு ஆராய்ச்சி நிலையம் - Stanford Research Institute. [38] மாசுள்ள பிளவுற்ற உற்பத்திப் பொருள்கள் - impure fission products. [39] குயூரி-curie. [40] மாசுள்ள அணு உலைப் பொருள் - impure reactor material.

பயன்படுத்துவதற்குச் சாத்தியமாக இருக்கின்றது. அதனைப் பின்னர்க் காண்போம்.

சில ஆண்டுகளாக தூய்மையான ஓரிடத்தான்கள் பேரெண்ணிக்கையில் கிடைக்கின்றன. நமக்குத் தேவையான தனிமம் அல்லது அதன் வேதியற் கூட்டுப் பொருள்களில்[41] ஒன்றினை ஒரு குழல் வடிவத் திறப்பின்[42] வழியாக அணு உலையினுள் செலுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவு (சில மணி நேரம்) பொது இயல் மின்னியின் தாக்குதலுக்கு[43] உட்படுத்தினால் நாம் விரும்பும் கதிரியக்க ஓரிடத்தானைப் பெற முடிகின்றது. இம்முறையில் வேதியற் பண்புகளுக்காகவோ, அன்றி நீண்ட நாட்களுக்கு மந்தமான கதிர்வீசலுக்கோ, அன்றி குறைந்த காலத்திற்குத் தீவிரமான கதிர் வீசலுக்கோ உரிய பிரத்தியேகமான கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை உற்பத்தி செய்ய முடிகிறது. சுழலினிகளில் உற்பத்தி செய்வதைவிட அணு உலைகளில் குறைந்த செலவில் அதிகமான ஓரிடத்தான்களை உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்பதையும் கண்டறிந்துள்ளனர். 1946க்கும் 1951க்கும் இடைப்பட்ட ஐந்தாண்டுக்காலத்தில் அமெரிக்க நாட்டில் மான்ஹாட்டன் மாவட்டத்தில்[44] ஓக் ரிட்ஜ் தேசிய ஆராய்ச்சி நிலையத்தில்[45] நிறுவப்பெற்ற அணு உலையில் உற்பத்தியான கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் அளவு அதே காலத்திற்குள் அந்த நாடு முழுவதிலும் நிறுவப்பெற்றிருந்த கிட்டத்தட்ட ஐம்பது சுழலினிகளில் உற்பத்தியான ஓரிடத்தான்களைவிட நானூறு மடங்கு அதிகம் இருந்தது என்று கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். மான்ஹாட்டன் மாவட்டத்திலுள்ள அலுவலதிகாரிகள் அணு வளர்ச்சி ஆராய்ச்சியில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் மிகவும் விலையுயர்ந்த உடன் விளைவுப்பொருள்கள் என்பதை அறிந்தனர். அணுவாற்றல் ஆராய்ச்சியில்

---

[41] வேதியற் கூட்டுப் பொருள் - chemical compound. [42] குழல் வடிவத் திறப்பு – tubular orifice. [43] பொது இயல் மின்னியின் தாக்குதல் -neutron bombardment.

[44] மான்ஹாட்டன் மாவட்டம் - Manhattan District. [45] ஓக் ரிட்ஜ் தேசிய ஆராய்ச்சி நிலையம் - Oak Ridge National Laboratory.

போர்க்காலத்திலிருந்த இரகசியக் கட்டுப்பாடுகள்[46] தளர்வுற்றதும் அவர்கள் அணு உலையில் உண்டாக்கப்பெற்ற கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை ஆராய்ச்சி செய்யும் பொருட்டு தனிப்பட்டோரின் நிலையங்களுக்கு வினியோகம் செய்தனர். இத்திட்டத்தை அணுவாற்றல் குழுவே மேற்கொண்டு நூற்றுக்கு மேற்பட்ட கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் கிடைத்ததும் அதை இன்னும் விரிவடையச் செய்தது. 1946க்குப் பிறகு இக்குழு அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள் முழுவதிலும் நிறுவப்பெற்றிருக்கும் 1000க்கு மேற்பட்ட ஆராய்ச்சி நிலையங்களுக்கு 35,000க்கு மேற்பட்ட கப்பல் பார ஓரிடத்தான்களை அனுப்பியிருக்கின்றது. அது போலவே, 31 வேறு நாடுகளிலுள்ள கிட்டத்தட்ட 250 ஆராய்ச்சி நிலையங்கட்கும் 2000க்கு மேற்பட்ட கப்பல் பாரங்கள்[47] அனுப்பப் பெற்றுள்ளன. இங்கிலாந்து, பிரான்சு, கனடா, இரஷ்யா ஆகிய நாடுகளிலுள்ள அரசினரின் அணு உலைகள் இத்துறையில் பேரளவு பணியாற்றியிருக்கின்றன. 1954-ஆம் யாண்டின் நடுப்பகுதி வரையிலும் அமெரிக்காவிலிருந்து 43 நாடுகள் இவ்வோரிடத்தான்களைப் பெற்றுள்ளன என்பதையும் அறிகின்றோம்.

அமெரிக்காவில் பல இடங்களில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் உற்பத்தி செய்யப் பெறினும், அதன் பெரிய மூலம் டென்னெஸ்ஸியைச்[48] சேர்ந்த ஓக் ரிட்ஜ் என்ற இடத்தில் அமைந்துள்ளது. கடந்த இரண்டாம் உலகப் பெரும் போர் நடைபெற்ற காலத்தில் புளூட்டோனியம் உற்பத்திற்காக நிறுவப்பெற்ற சிறிய அணு உலையில்தான் இவ்வோரிடத்தான்கள் உண்டாக்கப்பெறுகின்றன. அந்த உலை காற்றினால் குளிரடையச் செய்யப்பெற்று பென்சில் கரியாலான தணிப்பானைப் பெற்றிருக்கின்றது. இங்கு உற்பத்தியாகும் ஓரிடத்தான்கள் அடக்க விலைக்கே தரப்பெறுகின்றன. புற்று நோய் ஆராய்ச்சி, நோய்களை அறிதல் (therapy) ஆகியவற்றிற்குப் பயன்படும் ஓரிடத்தான்களை மட்டிலும் அடக்க

[46] இரகசியக் கட்டுப்பாடுகள் - secrecy restrictions.
[48] கப்பல்பாரம் - shipment [48] டென்னெஸ்ஸி - Tennessee.

விலையில் 20 சதவீதத்திற்குத் தருகின்றனர். கதிரியக்க மற்ற (நிலையான) ஓரிடத்தான்களும் வேறு இயந்திர அமைப்பைக் கொண்டு ஓக் ரிட்ஜ் என்னுமிடத்தில் உற்பத்தி செய்யப்பெறுகின்றன. அவை கதிரியக்கமுள்ள ஓரிடத்தான் களைப் போல் கூரிய உணர்வுடையனவாக[49] இராவிடினும், ஓரிடத்தான்களே இல்லாத தனிமங்களின் சில ஆராய்ச்சி களில் பயன்படுகின்றன. 1946லிருந்து 2000க்கு மேற் பட்ட கப்பல்பார நிலையான ஓரிடத்தான்கள் அனுப்பப் பெற்றுள்ளன.

ஓர் அணு உலை மூன்று முறைகளில் கதிரியக்க ஓரிடத் தான்களை உண்டாக்குகிறது. அணுக்கரு, எதிர் வினை முழு வதிலும் ஏராளமாகச் சுழலும் பொது இயல் மின்னிகளைப் பயன்படுத்திக் கொள்கிறது. அணு உலையில் வைத்து தாக் கப்பெறும் தனிமங்களின் அணுக் கருக்களால் பொது இயல் மின்னிகள் கவரப்பெற்ருல்[50] அதே தனிமத்தின் கனமான ஓரிடத்தான்கள் உண்டாகின்றன. பொது இயல் மின்னிகள் அணுக்கருக்களைத் தாக்கி அவற்றிலிருந்து துணுக்குகளை வெளியேற்றினல், வேருெரு தனிமத்தின் ஓரிடத்தான்கள் உண்டாகின்றன. பொது இயல் மின்னிகள் யுரேனி யம்-235 இன் அணுக் கருக்களைத் தாக்கினல் அக்கருக்கள் இரண்டாகப் பிளவுற்று ஒவ்வொன்றும் இலேசான தனிமத் தின் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களாக மாறுகின்றன. இறுதி யில் கூறப்பெற்ற முறையிலுண்டாகும் கதிரியக்க ஓரிடத் தான்கள் பக்குவிடும் பொருள்கள்[51] என வழங்கப்பெறுகின் றன. இங்ஙனம் உற்பத்தி செய்யப் பெற்று அணுவாற்றல் குழுவினல் வினியோகம் செய்யப்பெறும் ஓரிடத்தான்களின் பயன்களைப் பின்வரும் அத்தியாயங்களில் காண்போம்.

---

[49] கூரிய உணர்வுடைய - sensitive. [50] கவருதல் - absorb. [51] பக்குவிடும் பொருள்கள் - fission products.

10. அணு ஆராய்ச்சிக் கருவிகள்

ஒவ்வொரு தொழிலாளியும் தன் தொழிலுக்கேற்ற கருவிகளை இயற்றிக் கையாளுகிருன். ஒரு தொழிலுக்குரிய கருவிகளைப் பிறிதொரு தொழிலுக்குப் பயன்படுத்த முடியாது. கடிகாரம் செய்பவனும் கடிகாரத்தைச் செப்பனிடுபவனும் கொல்லனும் தச்சனும் கையாளும் சம்மட்டி, உளிபோன்ற கருவிகளைக்கையாண்டு தம் தொழிலைச் செய்ய இயலாது. சின்னஞ்சிறு சக்கரங்களையும் திருகாணிகளையும் மிகவும் நுட்பமாக அமைக்கப்பெற்ற சிறந்த கருவிகளால்தான் செவ்வனே கையாளமுடியும். அதைப்போலவே, கண்ணுலும் சாதாரண ஆய்கருவியாலும் காணமுடியாத நுண்ணிய அணுவின் தன்மையை ஆரரயத் தொடங்கிய அறிவியலறிஞர்களுக்கும் பல நுட்பமான கருவிகள் தேவையாகவுள்ளன. அவர்களே பல அதிநுட்பமான ஆய்கருவிகளையும் நுண்ணிய பிற சாதனங்களையும் இயற்றி இத்தேவையை நிறைவேற்றிக் கொண்டுள்ளனர். அணுவியலில் பயன்படும் கருவிகள் (1) துப்பறியும் கருவிகள்[1] (2) தகர்க்கும் கருவிகள்[2] என இரு கூறிட்டு வழங்கப்பெறுகின்றன. அந்த இரண்டு வகைக் கருவிகளைப்பற்றி ஒரு சிறிது தெரிந்து கொள்வோம்.

---

[1] துப்பறியும் கருவிகள் – detecting tools. [2] தகர்க்கும் கருவிகள் - attacking tools.

துப்பறியும் கருவிகள்

எல்லா அணுக்கரு மாற்றங்களும் (நேராகவோ நேரல் முகமாகவோ) விரைவாக நகர்ந்து செல்லும் மின்னூட்டம் பெற்ற துணுக்குகளால் நடைபெறுகின்றன. காற்றின் மூலமாகவோ அல்லது வாயுவின் மூலமாகவோ இவை செல்லுங்கால் வழியிலுள்ள அணுத்திரளைகளுடன் மோதுகின்றன; இவ்வாறு மோதுங்கால் அடிக்கடி அவற்றிலுள்ள எதிர் மின்னிகளை விடுவிக்கின்றன; இந்த எதிர் மின்னிகள் அண்மையிலுள்ள அணுத்திரளைகளில் இணைந்து கொள்ளுகின்றன. எனவே, இத்துணுக்குகள் உண்டாக்கிச் சென்ற அடிச்சுவடுகளிலுள்ள சில அணுத்திரளைகள் எதிர் மின்னிகளை இழந்து நேர் மின்னூட்டம் பெறுகின்றன; சில அணுத்திரளைகள் எதிர் மின்னிகளை ஏற்று எதிர் மின்னூட்டத்தை அடைகின்றன. இவ்வாறு மின்னூட்டம் பெற்ற அணுத்திரளைகள் (அல்லது அணுக்கள்) அயனிகள்[3] என்று வழங்கப் பெறும்; இக்கிரியை அயனியாக்கல் என்று பெயர் பெறுகின்றது. இவ்வாறு விரைவாகச் செல்லும் மின்னூட்டம் பெற்ற துணுக்குகளால் வாயுக்கள் அயனியாதலை அடிப்படையாகக் கொண்டே நடைமுறையிலுள்ள எல்லா முறைகளும் எல்லா அணுக்கரு மாற்றங்களையும் உற்று நோக்கி அறிவதற்கு மேற்கொள்ளப் பெறுகின்றன.

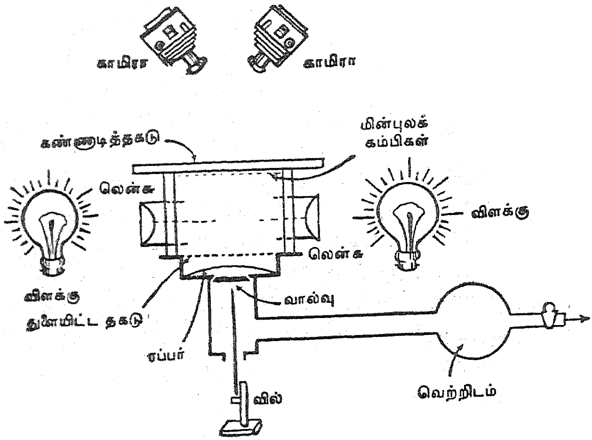
மேக அறை:[4] இது அதனைக் கண்டறிந்த அறிஞர் பெயரைச் சேர்த்து வில்சன் மேக அறை என்றும் வழங்கப் பெறுகின்றது. இதனை 1912-ல் ஸ்காட்லாந்து நாட்டைச் சார்ந்த சார்லஸ் டி. ஆர். வில்சன்[5] என்பார் கண்டறிந்தார். ஸ்காட்லாந்து மப்புச் சூழ்ந்த ஒரு நாடு. வில்சன் இளமையிலிருந்தே இயற்கை அழகினில் ஈடுபட்டுக் களிக்கின்றவர். ஒரு நாள் இவர் மாலை வெய்யிலின் மஞ்சட் கதிர்கள் பனியை முத்தமிடும் வேளையில் உலாவச் சென்றார். வானத்

[3] அயனிகள் - ions. [4] மேக அறை - cloud chamber.
[5] சார்லஸ் டி. ஆர். வில்சன் - Charles T. R. Wilson.

திலுள்ள மப்புக்களை நோக்கினார்; அவற்றை ஆராய்ந்தார்; அழகிய நிறங்கள் ஆங்காங்கே தோன்றக்கண்டு அவற்றில் தன் உள்ளத்தைப் பறிகொடுத்தார். அவற்றைச் செயற்கை முறையில் ஏன் உண்டாக்கக்கூடாது என்று அவர் உள்ளம் வினவியது; செய்யவும் துடித்தது. உடனே அவருடைய உள்ளம் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டது.

கடலருகே நீராவி எழுகின்றது. அது சுற்றுப்புறக் காற்றில் கலக்கின்றது. வெப்பம் மிக்க கோடை காலத்தில் காற்றில் நீராவி அதிகம் கோத்துக் கொள்ளும். அப்பொழுது சுடுநிலை பெருவாரியாகத் திடீரெனக் குளிருமானால் நீராவி பனித்துளியாக மாறுகின்றது. புல்லின் நுனியில் உள்ள பனித்துளியில் வானம் முழுவதும் நிழலிட்டு இருப்பதனைக் கண்டுகளிக்கின்ற நாம் இந்தப் பனித்துளியை எங்ஙனம் மறக்க முடியும்? இத்தகைய பனித்துளியைச் செயற்கை முறையால் வருவிப்பது எப்படி என்று இயற்கையின் மறை பொருளை அறிய அவாவினார் வில்சன். அணுக்களோ, அன்றி அணுத்திரளைகளோ ஒன்றோடொன்று நெருங்கி மோதிக்கொள்வதே சூடு என்பதை நாம் அறிவோம். இத்தகைய நெருக்கடி நீங்கி, நீராவி புழங்கப் பெரிதும் இடம் பெற்றால் சூட்டுநிலை மாறிக் குளிர்நிலை எழுகின்றது. இவ்வாறு எவ்வளவு இடம் அகன்று வந்தால் பனித்துளி எழும் என்பதனை ஏற்கனவே வில்சன் பரவு வீதக் கணக்கினைக் கொண்டு கண்டறிந்திருந்தார். 10 கன சென்டி மீட்டர் இருந்த இடம் 20 கன சென்டி மீட்டர் ஆனால் பரவு வீதம் இரட்டிப்பாகின்றது. பரவு வீதம் 1·25 ஆகும் வரையிலும் பனி உண்டாவதில்லை. பரவு வீதம் 1·38க்கு மேல் போனால் மூடு பனியும் மப்பும் மந்தாரமுமே போடுமன்றிப் பனியாகத் துளிப்பதில்லை. அதனால்தான் பனிக்காலம் என்று கூறும் பொழுதும் சில நாட்களில் பனியையே நாம் காண்பதில்லை. நகரங்களில் மூடுபனி மிக்குத் தோன்றும். அங்கு எழும் தூசுகளைப் பற்றிக்கொண்டு நீர்த்துளிகள் திரண்டு பரவுகின்றன. எனவே, பனித்துளிகள் திரள வேண்டுமானால், தூசு போன்றதொரு பற்றுக்கோடு அவற்றின் கருவாக அமைதல் வேண்டும்.

காற்றினிடையே புதிர்க்கதிர்களைப் பாய்ச்சினால் காற்றிலுள்ள அணுக்கள் அயனிகளாகின்றன. இந்த அயனிகள் தெள்ளிய பனித்துளிகள் திரளுவதற்குப் பற்றுக் கோடுகளாக அமைகின்றன. சாதாரணமாகக் குளிரும்பொழுது பனித்திரள்கள் திரளும் எண்ணிக்கையைவிட அந்தக் காற்றினிடையே புதிர்க் கதிர்களைப் பாய்ச்சும்பொழுது துளிகளின் எண்ணிக்கை மிகுகின்றது. இந்த ஆராய்ச்சியின் பயனாக அவர் 1912-ல் மேக அறை என்னும் ஒரு புதிய கருவியை அமைத்தார். (படம்-23). உள் வீடு இல்லாத ஒரு



படம் 23

பெரிய உருட்டுக் குழை. அதற்குள்ளே ஓர் ஊடு இயங்கியின்[6] மேல்தட்டு அதனை அடைத்துக்கொண்டிருக்கிறது. இந்தத் தட்டின்மேல்தான் நீர்த்துளிகளை எழுப்பி ஒளியில் படம் எடுக்க வேண்டும். ஒளியான நீர்த்துளி நன்கு படத்தில் விழுவதற்காக இந்தத் தகட்டின் மேற்புறம் கருப்பு நிறம் பூசப்பட்டிருக்கும்; அல்லது கருப்பு மயிர்ப்பட்டுத்[7] துணி போர்த்தப் பெற்றிருக்கும். இந்தத் தட்டின் கீழுள்ள

[6] ஊடு இயங்கி - piston. [7] மயிர்ப்பட்டு – velvet.

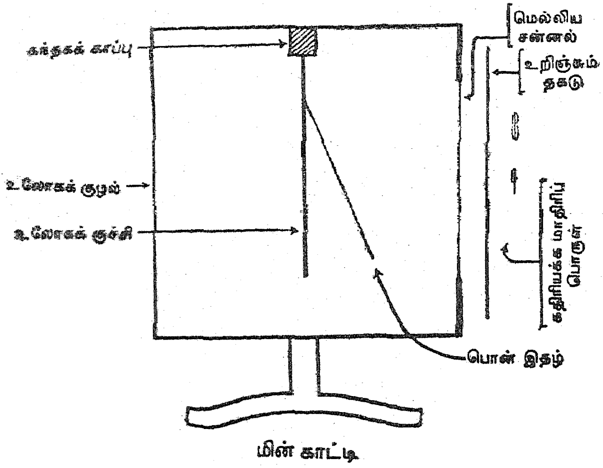
காற்றைத் திடீர் என்று நீக்கலாம். கீழேயுள்ள குழையின் மூடியைத் திறந்ததும் அந்தக் காற்று கீழிறங்கி வெற்றிடக் குமிழில் புகும். தாங்கி நிற்கும் காற்று வெளிப்பட்டதும் இத்தட்டு வானகத்தே செத்த குருவிபோல் கீழே விழும். இப்பொழுது உருட்டுக் குழையிலுள்ள ஆவிக்குப் புழங்க முன்னினும் இடம் மிகுகின்றது. ஆவி உடனே பரவுகிறது. பனித்துளி திரளுவதற்கேற்ற பரவு வீத நிலை இங்கு உண்டு. ஆவி குளிரத் தொடங்கியதும் பனித்துளி எழுகிறது. உடனே ஆல்பா - கதிர்கள் உள்ளே பாய ஏற்பாடு உண்டு. அப்பொழுது அந்தக் கதிரைச் சுற்றி எழுகின்ற அயனிகளைப் பற்றிக்கொண்டு நீர்த்துளிகள் எழும். இந்த நீர்த்துளிகள் நன்கு விளங்குவதற்காக ஒளி பாய்ச்சப் பெறும். நீர்த்துளிகள் திரளும் இடமே ஆல்பா - கதிர்கள் செல்லும் வழி. இவை மேலே அமைக்கப்பெற்றிருக்கும் புகைப் படத்தில் விழும். இரண்டு புகைப்படம் பிடித்துக் கனவுருவைக்[8] காட்டவும் செய்யலாம். அங்கே மின் மண்டலம் இருப்பதால் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற அயனித் துளிகள் மேலே எழும். நேர் மின்னூட்டம் பெற்றவை கீழே இறங்கும், எனவே, படத்தினைப் பார்த்தே இவற்றின் மின்னூட்டத்தினையும் கூறி விடலாம். ஆல்பா - கதிர் கனமுள்ள நீர்க் கோடாகத் தெரியும்; நேர் இயல் மின்னி மயிரிழை போலத் துளிகள் விட்டுவிட்டு இருக்கக் காணலாம். நைட்ரொஜன் உயிரியமாக மாறியதை இத்தகைய படத்தில் காணலாம். இந்தப் படத்தில் நைட்ரொஜன் கோடு கவடு போல் பிரிகின்றது. மெல்லியது பிரிந்த நீரியக் கரு; அழுத்தமாகத் தெரிவது நைட்ரொஜனும் பரிதியமும் சேர்ந்து எழுந்த உயிரியமாகும். இத்தகைய படத்திலிருந்து தான் 1931-ஆம் ஆண்டில் எதிர் இயல் மின்னி[9] போன்றும் இழை போன்றும் இருக்கின்ற கோட்டினைக் கண்டனர். ஆனால், அது நேர் மின்னூட்டம் பெற்றதாகக் கீழே இறங்கித் தோன்றியது. இதனால் எதிர் மின்னி போல் எடையுள்ளதாயும், ஆனால் அதற்கு மாருக நேர் மின்னூட்டம்

[8] கன வுரு - sterioscopic vision.

[9] எதிர் இயல் மின்னி - meson.

பெற்றதாயும், விளங்குகின்ற மின்னி ஒன்று உண்டு என விளங்கியது. இதுவே நேர் மின்னி[10] எனப்படுவது. இவ்வாறே சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் எதிர் இயல் மின்னிகள் தோன்றின. இவை எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றவை. ஆனால், அவ்வளவு கனமுடையவை அல்ல. கீழ்நாட்டு ஜப்பானியர் இவற்றைக் கண்டார் என்று முன்னர்க் கண்டோம். இவ்வாறு எத்தனையோ உண்மைகளை வில்சன் மேக அறை நமக்குப் புலனாக்கி அணுவின் கதையைத் தொடர்ந்து தெள்ளத் தெளிய அறிய உதவுகின்றது.

மின்காட்டி : மின்காட்டி[11] அணு பௌதிகத்தின்[12] மிகப் பழைய ஆய்கருவி. இது மிகப் பழைய காலத்திலிருந்து



மின் காட்டி

படம் 24

மின்சாரத்தை அளக்கவும் பயன்பட்டு வருகின்றது. இது தரும் செய்தி பழைமையுடையதாக இருந்தாலும், அது எளிதாகவும், நம்பத்தக்கதாகவும், சரியாகவும் இருக்கின்றது.

[10] நேர் மின்னி-positron. [11] மின் காட்டி-electroscope. [12] அணு பௌதிகம்-nuclear physics.

இந்த மின் காட்டி இவ்வாறு அமைந்திருக்கின்றது: மேலே ஒரு தட்டு. அதிலிருந்து ஓர் உலோகத் தண்டு நீண்டு இருக்கிறது. (படம்-24). அந்தத் தண்டின் முனையில் இரண்டு பொன் இதழ்கள் அமைக்கப்பெற்றுள்ளன. தட்டு நீங்கலாக இவை அனைத்தும் மின்சாரம் புகமுடியாத கண்ணுடிப் புழைக்குள் இருக்கும். இதில் பொன் இதழ்கள் இருப்பதால் இதனைப் பொன் இதழ் மின்காட்டி[13] என்றும் வழங்குவர்.

இக்கருவி எவ்வாறு வேலை செய்கிறது? நேர் மின்னூட்டமோ எதிர் மின்னூட்டமோ இந்தத் தகட்டில் பாயும் பொழுது அவ்வூட்டம் தட்டிலிருந்து தண்டு வழியாகப் பாய்ந்து பொன் இதழ்களுக்கு அவ்வூட்டத்தை ஏற்றும். இரு இதழ்களும் ஒரே விதமான ஊட்டத்தைப் பெறும். இயற்கை விதிப்படி ஒரே விதமான மின்னூட்டம் ஒன்றையொன்று வெறுத்துத் தள்ளும். எனவே, இவ்விதழ்கள் ஒன்றனையொன்று வெறுத்து ஓடுவதே இதழ் விரிவாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணமாகின்றது.

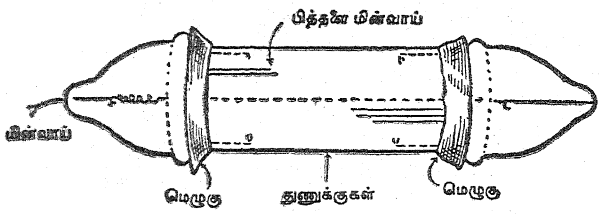
மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பியைக் கொண்டு அத்தண்டு ஒருக்கணம் தொடப்படுகிறது. என்ன நிகழும்? இதழ்கள் விரிகின்றன. ஒரேவித மின்னூட்டம் அவற்றை வெறுத்தோடச் செய்கின்றன. தண்டருகே அயனியாக்கும் மூலம் ஒன்றும் இல்லாதிருந்தால் தண்டு பல மணி நேரம் மின்னூட்டத்துடனேயே இருக்கும். ஆனல், புழையினுள்ளிருக்கும் காற்று அயனி நிலையை அடைவதால், அக்காற்று உள்ள இடைவெளி முழுவதும் மின்சாரப் போக்கி[14] நிலையைப் பெறுகின்றது. ஒரு சமயம் தண்டு நேர்மின்னூட்டம் பெற்று இருப்பதாகக் கருதுவோம். இப்பொழுது எதிர் மின்னூட்ட அயனிகள் அதனை நோக்கி நகரும்; நேர் மின்னூட்ட அயனிகள் புழையின் சுவரை நோக்கிப் பாயும். இதன் விளைவாக, தண்டிலிருந்த மின்சாரம் குறைந்து

[13] பொன் இதழ் மின் காட்டி - Gold-leaf electroscope.
[14] மின்சாரப் போக்கி - Conductor.

பொன் இதழ்கள் பழைய நிலையை அடையும். இவ்வாறு இதழ்கள் விரிந்து சுருங்குவதைக் குறைந்த ஆற்றலை யுடைய உருப்பெருக்கியால்[15] அறிந்துகொள்ளலாம். அசை வின் வேகமே அயனியாதலின் தீவிரத்தைக் காட்டும்.

கைகர்-முல்லர் எண்-கருவி: கதிரியக்கமுள்ள பொருள் கள் வீசும் எதிர் மின்னிகள், ஆல்பா-துணுக்குகள் போன்ற மின்னூட்டம்பெற்ற துணுக்குகளை ஒவ்வொன்றாக எண்ணிக் கணக்கிடுவதற்கு அமைக்கப்பெற்ற கருவி இது. இதை இயற்றியவர்கள் செருமானிய நாட்டு கைகர், முல்லர் என்ற இரு அறிவியலறிஞர்கள். அவர்கள் பெயரைக் கொண்டே இது கைகர்-முல்லர் எண்-கருவி[16] என்று வழங்கப்பெறு கின்றது. கைகர் எண்-கருவி என்றும் இதனை வழங்குவ துண்டு. அணுக்கள் வீசும் கதிர்வீச்சினைத் துப்பறிந்து காண்பதற்கு அமைந்த கருவிகளெல்லாவற்றிலும் மிகப் பெருவழக்காக இருப்பது இக்கருவிதான். இக்கருவியின்

கைகர் முல்லர் எண்-கருவி



படம் 25 அ

குடும்பத்தைச்சார்ந்த பல கருவிகள் உள்ளன; ஒவ்வொன் றும் ஒவ்வொருவிதத்தில் துப்பறியும் பணியைப் புரிந்துவரு கின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, காமா-கதிர்களைமட்டிலும் கண் டறியும் கருவிகளும், ஆல்பா, அல்லது பீட்டா - துணுக்கு களைமட்டிலும் துப்பறிந்து காணும் கருவிகளும், பொது இயல்

---

[15] உருப்பெருக்கி - microscope. [16] கைகர் - முல்லர் எண் - கருவி - Geiger counter (or G. M. counter)

மின்னிகளைமட்டிலும் உளவு கண்டறியும் கருவிகளும் உள்ளன. எல்லாச் சாதனங்களின் அமைப்பும் ஒரே மாதிரி தான். அவையாவும் அடிப்படையில் அயனியாதல் தத்து வத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளன.

இக்கருவியின் அமைப்பு இதுதான்: உலோகத்தாலான ஓர் உருட்டுக்குழல்; அதன் நடுவே டங்க்ஸ்டன் இழை யொன்று[17] அமைக்கப் பெற்றிருக்கின்றது. (படம்–25 அ, ஆ, இ). இழையில் சாதாரணமாக நேர் மின்னூட்டத்தையும், உருட்டுக் குழலில் எதிர் மின்னூட்டத்தையும் பாயச் செய் வது வழக்கம். குழல் ஒரு வாயுவைக்கொண்டு நிரப்பப்பெற் றிருக்கும். சாதாரணமாக ஆர்கான் என்ற சோம்பேறி வாயுவால்தான் அது நிரப்பப்பெறும். கருவி பயன்படுவதற் கேற்றவாறு அதில் வெவ்வேறு வாயுக்களைப் பயன்படுத்து வர். பொது இயல் மின்னிக் கதிர்வீச்சினை அளக்கவேண்டு மானால், அந்தக் குழல் போரான் டிரை புளோரைடு[18] என்ற வாயுவால் நிரப்பப்பெறும். உலோகக் குழாய்க்கும் அதன் ஊடே செல்லும் டங்க்ஸ்டன் இழைக்கும் இடையே யுள்ள மின்-அழுத்தத்தை மிகவும் ஜாக்கிறதையாகச் சரிப் படுத்திக் கொண்டுவந்து மின்பாய்ச்சல் புழையிலிருந்து இழைக்கு ஏற்படத் தயாராக இருக்கும் நிலையில் நிறுத்தி வைப்பர்.

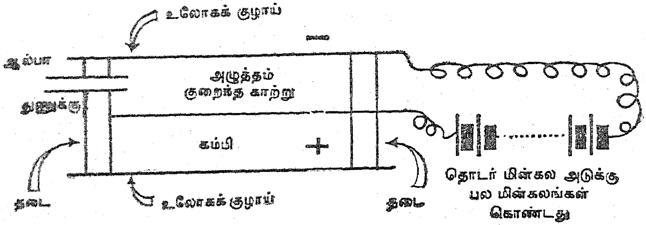
குழலிலுள்ள வாயுவின் ஊடாக கதிரியக்க விளைவாக ஏற்படும் மின் துணுக்குகள் போகுமானால், உடனே கம்பிக் கும் குழலுக்கும் இடையே மின்பாய்ச்சல் நிகழும். வெடிக் குழையில் திரி வைத்தால் வெடிப்பதுபோல ஒலித்துக் கொண்டு இதில் மின்சாரம் பாயும். ஒவ்வொரு துணுக்கு போகும்பொழுதும் இவ்வொலி எழும். முதன்முதலில் அமைக்கப்பெற்ற கருவியில் துணுக்கு ஓடுவதைச் சுட்டிக் காட்டும்பொருட்டு ஒரு முள்ளை வைத்திருந்தனர். மின் னோட்டம் நிகழுங்கால் அந்த முள் பட்டென்று ஒருபுறம் தெறித்து விலகும். துணுக்கின் ஓட்டத்தை முள் தெறிப்பு

[17] இழை - filament.

[18] போரான் டிரை புளோரைடு - boron trifluoride.

வடிவத்தில் நம் கண்ணால் காணமுடிகின்றது. இக்கருவி யுடன் ஓர் ஒலிபெருக்கி அமைப்பினைப் பொருத்தினால் மின் துணுக்கு செல்லுவதைப் பட்டென்று ஒலிக்கும் சுடர்

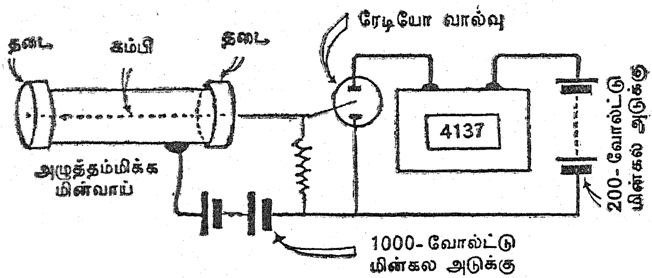
கைகர் முல்லர் எண்-கருவி : விளக்கப்படம்



படம் 25 ஆ

ஒலியினால் கேட்கவும் முடிகிறது. ஒலிபெருக்கி அமைப் பிற்குப் பதிலாக எண்-கருவி ஒன்றனை அமைத்து துணுக்கு கள் எத்தனைமுறை ஓடின என்பதை எண்ணியும் அறிய

கைகர் முல்லர் எண் கருவியும்-கணக்கெண்ணியும்



படம் 25 இ

லாம். தொலை பேசியில்[19] எத்தனை முறை பேசினோம் என்பதை இயந்திரமே இப்பொழுது கணக்கிடுவதுபோல இக்கருவியிலும் துணுக்குகளை இயந்திரமே எண்ணிக்

[19] தொலைபேசி - telephone.

காட்டுகின்றது. முதன் முதலில் ரதர் போர்டு பயன்படுத்திய எண்-கருவியின் மூலம் நிமிடத்திற்கு மூன்று அல்லது நான்கு துணுக்குகளையே எண்ண முடிந்தது, இப்பொழு துள்ள கருவிகளில் நிமிடத்திற்குப் பதிஞயிரம் வீதம் எண் ணிக் கணக்கிடக்கூடிய அமைப்புக்கள் பொருத்தப்பெற் றிருக்கின்றன. மின் துணுக்குகள் பாயும்பொழுது மின் னூட்டம் ஓங்கியும் பின்னர்த் தாழ்ந்தும் வருகின்ற துடிப் பினை ஒலிபெருக்கியினுல் பெருக்கினுல் 'கிலிக், கிலிக்' என்று துணுக்குகள் போவதைக் கேட்கலாம். நம்முடைய ஊனக் கண்களால் காணமுடியாத பொருள்களும், செவி களால் கேட்க முடியாத ஒலிகளும் இக்காலத்தில் அறிவிய லறிஞர்களின் ஆராய்ச்சியின் விளைவால் மக்கள் கண்ணுரக் கண்டு, காதாரக் கேட்டுக் களிக்கும் பொருள்களாக மாறியது வியப்பினும் வியப்பேயன்ரே?

கைகர் - எண்ணிகள் அணு உலைகளிலும் அணுவைச் சிதைக்கும் இயந்திரங்களிலும் தீங்கு பயக்கும் கதிர்வீச்சி னைக் கண்டறியப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. அன்றியும், அவை யுரேனியக் கனிப்பொருள்களையும் பிறகு கதிரியக்கத் தனிமங்களையும் கண்டறிய உபயோகப்படுகின்றன. இன்று அமெரிக்காவில் மட்டிலும் 20,000-க்கு மேற்பட்ட கருவிகள் பயன்பட்டு வருகின்றன. அங்கு 85 டாலருக்கு அக்கருவி விலைக்குக் கிடைக்கின்றது.

தகர்க்கும் கருவிகள்

பண்டைக் காலத்தில் எதிரியின் கோட்டையைத் தகர்ப்பதற்கு தேர்ப்படை, யானைப் படை, குதிரைப் படை, காலாட்படை என்ற நான்கு படைகளைப் பயன்படுத்தினர் என்று இலக்கியங்களில் படிக்கின்ரேம். இவற்றைச் 'சதுரங்கப் படைகள்' என்று முன்ஞேர் குறிப்பர். இன்று அணு என்னும் கோட்டையைத் தகர்க்கவும் நான்கு படை கள் பயன்படுகின்றன. ஒன்று, நேர் இயல் மின்னி; அஃதா வது நீரியக்கரு. இரண்டு, இருநி; நீரியத்தின் மற்ளுரு வகை. மூன்று, ஆல்பா-கதிர்; அஃதாவது, பரிதியக் கரு. நான்கு, பொது இயல் மின்னி. இந்த நான்கு அணு-ரவை

களையும்[20] மிகப் பெரிய வேகங் கொண்டு தாக்கினால் மட்டுமே அணுக்கரு சிதையும்.

அணுரவைகளை வேகமாக எய்வதற்கு இன்று அறிவியலறிஞர்கள் பிரத்தியேகமான கருவிகளை அமைத்திருக்கின்றனர். இவற்றைப் பொதுவாக 'துணுக்கு விசை முடுக்கிகள்'[21] என்று வழங்குகின்றனர். துணுக்கு விசை முடுக்கிகள்தாம் அணுவின் அரணைத் தகர்த்துக்கொண்டு அணுக்கருவினையடைந்து அதன் மர்மத்தை எல்லாம் அறிவதற்கும் 'அணுவியல்' அல்லது 'உட்கருவியல்' என்னும் புதிய அறிவியல் துறைக்கு அடிப்படை போடவும் துணையாக இருக்கின்றன. துணுக்கு விசை முடுக்கிகள்தாம் முதன் முதலில் மிகச் சிறிய அளவுகளில் புதிய தனிமங்களையும் புதிய ஓரிடத்தான்களையும் உற்பத்தி செய்தன; உலோகங்களைப்பற்றிய சோதனைகளில் புதிய எடுகோள்களை[22] நிலைநிறுத்தின. எடுத்துக்காட்டாக, கலிபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தில் நிறுவப்பெற்ற அறுபது அங்குல சுழலினியில்தான் முதன்முதலாக புளூட்டோனியம் உற்பத்தியாயிற்று. துணுக்கு விசை முடுக்கியின் தகர்ப்பினால்தான் இதுகாறும் அண்டக்கதிர்களின் செயலால்மட்டிலும் வெளியிடப்பெற்ற எதிர் இயல் மின்னி என்ற புதியவகைத் துணுக்கு வெளிப்பட்டது. இன்று ஆற்றலைச் சடமாகவும், சடத்தை ஆற்றலாகவும் மாற்றலாம் என்று அறிவியல் கொள்கை சோதிடம் கூறுகிறது. மிகப் பெரிதாக அமைக்கப் பெற்றுவரும் துணுக்கு விசை முடுக்கியினைக்கொண்டு நேர் இயல் மின்னிகளைப் படைக்கலாம் என்று அறிவியலறிஞர்கள் நம்புகின்றனர்.

அணுத்துணுக்குகளை விசையாகச் சுழற்றும் இக்கருவிகள்யாவும் திறனில் வேறுபடினும், ஒரே அடிப்படை விதிகளினால்தான் இயங்குகின்றன. எல்லாக் கருவிகளிலும் காந்த விசைகள்[23] அல்லது மின்விசைகள் அல்லது

[20] அணுரவை-atomic bullet. [21] துணுக்கு விசை முடுக்கிகள் - particle accelerators. [22] எடுகோள் - data. [23] விசைகள் - forces.

இரண்டுமே பயன்படுகின்றன. இவ்விசை, துணுக்குகளின் வேகத்தைப் பெரிதாக்குகின்றது. இவ்வேகத்துடன் அத் துணுக்குகள் இலக்காக உள்ள தனிமத்தைத்தாக்குகின்றன. ஆயினும், ஆய்வாளர்கள் பொது இயல் மின்னிகளை இவ் வாறு நேரடியாக வேகம் வளரச் செய்ய முடிவதில்லை. காரணம், அவற்றில் இயந்திரம் பற்றக்கூடிய யாதொரு மின்னூட்டமும் இல்லை. எனினும், வேறு முறைகளில் பெரு வேகத்துடன் கூடிய பொது இயல் மின்னிகள் விடுவிக்கப் பெறுகின்றன. பெரும்பாலும் அணு உலைகள் இதற்குப் பயன்படுகின்றன. அணு உலைகளினின்றும் போதரும் பொது இயல் மின்னிகள் மிக உச்சநிலை வேகத்துடன் வெளிப்படுகின்றன.

இச்சாதனங்களின் தந்தை ரதர்போர்டு என்ற அறிவிய லறிஞர். அவருடைய 'அணுச்சிதைவு இயந்திரம்'[24] மிக எளிதாகவும் பண்படா நிலையிலும் இருந்தாலும், அதனைக் கொண்டே அவர் பல வியத்தகு கண்டுபிடிப்புக்களை நிகழ்த் தினர்; வேறு பலருக்கும் புதிய துறைகளில் செல்ல வழிக ளமைத்துத் தந்தார். இன்று நவீன முறையில் அமைந்த கருவிகளில் முக்கியமானவை இரண்டு உள்ளன. ஒன்று, ராபர்ட் வான் டி கிராப்[25] அமைத்த நிலை இயல் மின் ஆக்கி;[26] மற்ருென்று, டாக்டர் ஏர்னஸ்டு ஓ. லாரென்ஸ்[27] அமைத்த சுழலினி. இவை இரண்டுமே சாதாரணமாக நவீன அணு பீரங்கிகளாகப் பயன்படுகின்றன. இவை இரண்டும் மின் துணுக்குகளைப் பல ஆயிரமாயிரம் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு ஆற்றலுடன் எறியக்கூடியவைகளாக உள்ளன.

வான்-டி-கிராப் நிலை இயல் மின்னுக்கி: இதன் பெயர் குறிப்பிடுவதுபோல, இக்கருவி மின்சாரத்தைப் படைத்துத் தருகின்றது. அம் மின்சாரம் நிலை இயல் மின்சாரம். பட்டுத்

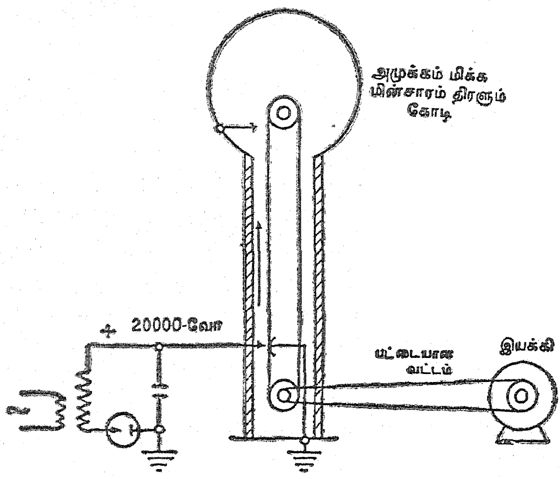
---

[24] அணுச்சிதைவு இயந்திரம்—atom smashing machine.
[25] ராபர்ட் வான் டி கிராப் - Robert Van de Graaff.
[26] நிலை இயல் மின் ஆக்கி - electro-static generator.
[27] டாக்டர் ஏர்னஸ்டு ஓ. லாரென்ஸ் - Dr. Earnest O. Lawrence.

துணி கொண்டு கண்ணுடிக் குழாயைத் தேய்த்தால் எழுகின்ற மின்சாரம் போன்றது அது. அடியிற் காட்டப் பெற்றுள்ள படம் இக்கருவியின் அமைப்பை நன்கு விளக்கும். (படம்-26).

இந்தக் கருவியின் நடுவில் மேலும் கீழுமாய் ஓடும் முடிவில்லாத பட்டையான பெல்டு ஒன்று இருக்கிறது. அது உலர்ந்த பட்டுப்போன்ற அரிதில் - கடத்தியால் இயற்றப்

வான்-டி-கிராப் நிலை இயல் மின்னுக்கி



படம்—26

பெற்றது. இந்தப் பெல்டிலே மின்சாரத்தை ஏறச் செய்யி முடியும். இதன் மேல்-கோடி ஓர் உலோகக் கோளத்தின் உள்ளே பொருந்தியிருக்கின்றது. பெல்டு சுற்றும்பொழுது அதில் ஏறிய மின்சார ஏற்றங்களைக் கோளத்தின் உட்புற மாக அது எடுத்துச் செல்கிறது. அங்கு அது கோளத்தில் பொருந்தும்படி மின்சார ஏற்றங்களைக்கொட்டிவிடுகின்றது ; கோளத்தில் மின்சாரம் திரள்கிறது.

கீழே ஓர் இயக்கி இருக்கிறது. அது சுற்றுகிறது. அதற்கு நேராக இடப்பக்கம் ஒரு சக்கரம் இருக்கிறது. இரண்டையும் வட்டமான ஒரு பட்டை பெல்டு இணைக்கிறது. இயக்கி சுற்றும்பொழுது இடப்புறச் சக்கரமும் சுற்றுகிறது. இடப்புறச் சக்கரம் சுற்றும்பொழுது அதன் மேலுள்ள சக்கரமும் சுற்றும். கீழிருக்கும் சக்கரத்தை ஒட்டிப் பட்டை மேல் உராயும்படியாக நுண்ணிய ஊசிகள் இருக்கின்றன. உராயும்பொழுது எழுகின்ற மின்சாரத்தை இவை பட்டை மேல் தெளிக்கின்றன. இந்தப் பட்டை கீழிலிருந்து மேலே சென்றதும் அங்கேயுள்ள வேறு ஊசிகள் இந்த மின் சாரத்தை வாங்கிக் கொள்கின்றன. இந்த ஊசிகளுடன் பொருந்தி யிருக்கும் கம்பி மின்சாரத்தை வாங்கி கோளத்தினுள் திரளும்படி செய்கின்றது.

இங்ஙனம் சிறிது சிறிதாகக் கோளத்தில் ஏறிவரும் மின் சாரத்தின் அழுத்தம் இறுதியில் அதிகமாகிறது. அது சில அடிகளுக்கு அப்பால் இருக்கும் ஓர் இலக்கினை நோக்கிப் பாயும் ஆற்றல் உடையதாகவும் இருக்கின்றது. அழுத்தம் மிக்கவாயுவை அடைத்த பெரிய அறைபோன்ற அமைப்பில் இது முழுதும் பொருத்தப்பட் டிருக்குமானால், இதன் மின் அழுத்தம் 5,000,000 எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு வரையில் கூட உயரும் என்று வான்-டி-கிராப் கண்டார். இந்த அணு பீரங்கியால் எய்யப்பெறும் அணு-ரவைகள் சில ஆயிரமாயிரம் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு ஆற்றல் உள்ளவைகளாக இருக்கும்.

இ. ஓ. லாரென்ஸ் சுழலினி : வான்-டி-கிராபின் மின்னூக்கி ஒரு மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட்டுவரை எதிர்மின்னியின் ஆற்றலை உயர்த்திக் காட்டியது. ஆனால், லாரென்ஸ் ஓர் அற்புதக் கருவியை அமைக்கிறார். அதுதான் சுழலினி என்பது. நீரியக் கருவோ இருநியோ[28] கற்றையாகப் பேரருவிபோல ஓடிக் கருவினைத் தாக்கவேண்டும் என்று லாரென்ஸ் விரும்பினார். அணுவின் பொருண்மை மிகுதியாக மிகுதியாகக் கருவின் எதிர்ப்பும் மிகுதியாகின்றது. நீரியக்

[28] இருநி – deuteron.

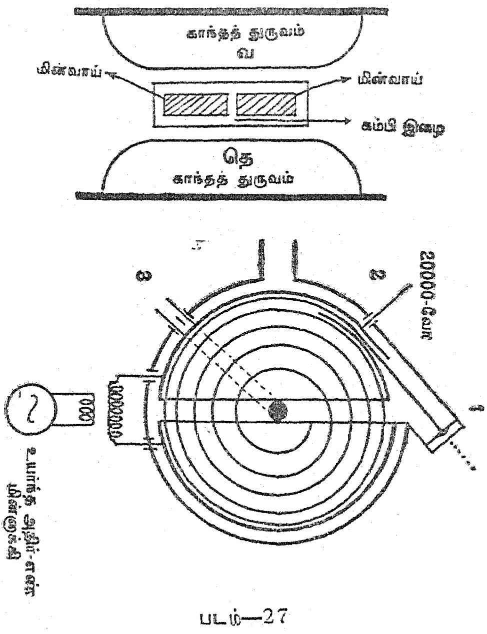
கருவோ இருநியோ இந்த எதிர்ப்பையும் அழித்துக்கொண்டு கருவினுள் புகவேண்டுமானுல், அது மிகமிக விரைவாகச் சென்று தாக்கவேண்டும். ஆனுல், குறைந்த மின்னேட்டச் செலவில் இந்த மாயவித்தையைச் செய்யவேண்டும். இதுவே லாரென்ஸின் நோக்கம்.

கவண்கல் : லாரன்ஸ் கண்ட கருவி மிகமிகப் புதியது. ஆனுல், அதன் தத்துவம் மிகமிகப் பழையது. காட்டு மிராண்டியாய் மனிதன் வாழ்ந்த காலத்தில் அவன் பயன் படுத்திய கவண்கல்லிலிருந்து கற்ற தத்துவம் இது. காட்டு மிராண்டி தோலில் கல்லைவைத்துப் பலமுறை சுற்றுகிருன். இப்படிச் சுற்றுவதால் கல்லின் வேகம் மிகுகின்றது ; மிகமிக ஊற்றத்தோடும் பாய்ந்து ஓடுகின்றது. வேகமாகவும் தாக்கு கிறது. சிறு கல்லும் மலைபோலத் தாக்குகிறது. இவ்வாறே அணு-ரவைகளையும் சுழற்றி விட்டால் அவை அணுவின் உட்கருவிற்குள் எளிதில் சென்று பாயும் என்று கனவுகாண் கின்ருர் லாரன்ஸ் ; கனவும் நனவாகின்றது.

சுழலினியின் வேலைத் தத்துவம் : சுழலினியின் நடுப்பகுதி யில் வெப்பம் மிகுந்த மெல்லிய கம்பி ஒன்று இருக்கிறது. அதிலிருந்து எதிர்மின்னிகள் வெளியே வருகின்றன. வெற்றிடமாக்கப்பெற்ற ஒரு பெட்டியில் புகுத்தப்பெற்ற வாயுவின் அணுக்களின் கூட்டங்களின்மேல் இவை மோது கின்றன. இந்த வாயு சிறிதளவு இருந்தாலே போதுமானது. இவை மோதியதால் வாயுவின் அணுக்களிலிருந்து சில எதிர்மின்னிகள் வெளியே தள்ளப்பெறுகின்றன. அப் பொழுது நேர் மின்னூட்டம் உடைய அயனிகள் உண்டாக் கப் பெறுகின்றன, வெற்றிடமாகவுள்ள இடத்தில் நீரியத் தைப் புகுத்திஞல் நேர் இயல் மின்னிகள் அணு-ரவைகளாய்க் கிடைக்கும். டியூட்டிரியத்தை உபயோகித்தால் இருநி கள் கிடைக்கும். பரிதியத்தைப் பயன்படுத்திஞல் ஆல்பா - துணுக்குகள் கிடைக்கும். அப்படி வெளிப்படும் துணுக்கு களுக்கு அதிக ஆற்றலை அளிப்பதற்கு கருவியில் வேறு சில பகுதிகள் உள்ளன.

கருவியின் அமைப்பு: வெற்றிடமாக்கிய ஒரு பெரிய அறை. அதில் அரை வட்டமாகவுள்ள இரண்டு மின் வாய்கள் உள்ளன. அவை ஆங்கில எழுத்தாகிய D யைப் போல் இருப்பதால் அவை 'டீக்கள்' என்றே வழங்கப் பெறு கின்றன. (படம் 27). இரண்டு பகுதிகளுக்கும் இடையே

இ. ஓ. லாரென்ஸ் சுழலினி



படம்—27

ஒரு சில அங்குலம்தான் இடைவெளி இருக்கும். இந்த இரண்டு 'டீக்களும்' அதிக அதிர்வு உடைய இரு திசை யோட்ட மின்னாக்கியுடன் பிணைக்கப் பெற்றிருக்கும்.

கவர்ச்சியால் வட்ட ஓட்டம்: அந்தப் பெட்டி ஆற்றல் வாய்ந்த காந்தப் புலத்தின் ஆதிக்கத்துக்கு உள்ளாக்கப் பெறும். அத்தகைய புலத்தில் மின்னூட்டம் பெற்ற

துணுக்குகள் வட்டமாகச் சுழன்ருேடும். அப்படி ஓடுங்கால் அவற்றின் வேகம் அதிகப்படும்; அதனுல் அவற்றின் ஆற்றலும் மிகும். துணுக்குகளின் வேகம் மிகமிக அவை சுழலும் வட்டத்தின் சுற்றளவும் அதிகமாகின்றது; அஃதாவது, அவை பெரிய வட்டமாக இட்டு ஓடுகின்றன. சிறிய வட்டமானுலும் பெரிய வட்டமானுலும் அவை வட்டமாய் ஓடும் காலம் ஒன்ருகவே இருக்கும்.

இருதிசை மின்சார அதிக - அதிர்வு மின்ஞக்கியுடன் பிணைக்கப்பெற்ற ஒவ்வொரு "டீயும்" ஒரு கணத்தில் பல தடவை நேர் மின்சாரத்தையும் எதிர் மின்சாரத்தையும் மாறி மாறிப் பெறுகின்றன. இரண்டு டீக்களும் எப்பொழுதும் ஒன்றற்கொன்று எதிரான மின்சாரங்களையே கொண்டிருக்கும். இரண்டு டீக்களின் நடுவில் இயற்றப்பெறும் நேர் இயல் மின்னிகள், டியூட்டிரான்கள், ஆல்பா-துணுக்குகள் ஆகியவை (எவையாயினும்) நேர் மின்சாரம் உடையவைகளாக இருக்கும். ஆகவே, அவை அந்தக் கணத்தில் எந்த 'டீயில்' எதிர் மின்சார ஏற்றம் இருக்கின்றதோ அதனுல் கவரப்பெறும். வெற்றிடமாயுள்ள அந்தப் பெட்டி மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்த இரண்டு மின்சார காந்தங்களின் இடையே இருப்பதால், அங்குள்ள காந்தப்புலன் மின் துணுக்குகளை 'டீயின்' உட்புறத்தில் வளைந்தோடி அரைவட்டம் இடச் செய்கின்றது. இந் நிகழ்ச்சி இக்கருவியின் நடு மையத்தில் நடைபெறுவது. இப்படி ஓடும் மின் துணுக்குகள் இரண்டு டீக்களுக்கும் இடையிலுள்ள இடைவெளிக்கு வந்தவுடன் இருதிசை மின்ஞக்கப் பொறியால் டீக்களிலுள்ள மின்சாரத்தின் திசை மாற்றப்பெறுகின்றது. ஆதலால், இப்பொழுது மற்ெருரு டீ அதற்கு எதிரிடையான மின்சாரத்தைப் பெற்று அவற்றைக் கவர்கின்றது. ஆகவே, அவற்றின் வேகம் மிகுதிப் பட்டு அவை அந்த டீயின் உள்ளேசென்று அங்கும் அரை வட்டமாக ஓடுகின்றன. மீண்டும் அவை இரண்டு டீக்களுக்கும் இடையேயுள்ள காலி இடத்திற்கு வருகின்றன. அப்பொழுது மீண்டும் மின்சாரம் திசை மாறுகின்றது. ஆதலால், அவை இன்னும் வேகமாக இழுக்கப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு அவை டீயில் ஓடுங்கால் வேகமாக

ஓடியும், காலி இடங்களில் வந்ததும் இன்னும் அதிகமாக வேகம் பெற்றும், மேன்மேலும் வேகத்தைப் பெற்றுக் கொண்டே யிருக்கின்றன.

அரைச்சுற்றுக்கு ஒருமுறை அவை ஓடும் வட்டமும் விளிம்பை நோக்கி விரிகின்றன. ஆகவே, மையத்தில் ஓடத் தொடங்கிய மின்துணுக்குகள் இறுதியில் கிட்டத் தட்ட விளிம்போரத்தில் ஒதுங்கி ஓடி வருகின்றன. இவ்வாறு பல முறை தூண்டப்பெற்றால் அவை கடுமையான வேகத்துடன் ஓடி விளிம்பிற்கு அருகேயுள்ள ஒரு துளைவழியாகப் புறத்தே பாய்ந்து அணுவினைத் தாக்கிச் சிதைக்கும். கூட்டமாக வெளிவரும் அணு-ரவைகள் பிற அணுக்களைத் தகர்க்க வல்ல மிகவும் ஆற்றல்வாய்ந்த கற்றைகளாகப் பயன்படுகின்றன.

இன்று அமைக்கப்பெறும் சுழலினிகள் மிக முன்னேற்றத்தை அடைந்திருக்கின்றன. பல ஆயிரக் கணக்கான டன் எடையுள்ள சுழலினி இயந்திரங்கள் செய்யப்பெற்று வருகின்றன. அமெரிக்காவில் பெர்க்லி[29] என்னுமிடத்தில் 3000 டன் நிறையுள்ள காந்தத்தைக் கொண்ட சுழலினி ஒன்று இப்பொழுது அமைக்கப் பெற்றுள்ளது. அதன் விட்டம் 15 அடி. இதிலிருந்து வெளிவரும் மின் துணுக்குகள் கிட்டத்தட்ட ஒளியணுக்களின் வேகத்தை—வினடிக்கு 1,86,000 மைல்—பெறுகின்றன, இன்று ஜப்பான், இரஷ்யா, ஐரோப்பா, அமெரிக்கா போன்ற நாடுகளில் சுழலினிகளை ஆராய்ச்சியாளர்கள் பயன்படுத்தி வருகின்றனர். உலகில் இன்று 40 சுழலினிகளுக்கு மேல் இயங்கிவருகின்றன என்று சொல்லப்பெறுகின்றது.

[29] பெர்க்லி - Berkeley.

11. உயிரியலும் அணுவும்

உயிரியல்[1] துறைக்கு அணுவாற்றல் என்பது புதிதல்ல. மானிடன் இவ்வுலகில் தோன்றுவதற்கு முன்னரே அண்டக் கதிர்கள்[2] எனப்படும் ஒருவகைக் கதிர்களின் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி வானத்திலிருந்து பூமியைத் தாக்கிக் கொண்டிருந்தது; ரேடியம் போன்ற கதிரியக்கப் பொருள்கள் தம்முடைய கதிர் வீசலைத் தந்துகொண்டுதான் இருந்தன. வானிலும் பூமியிலுமுள்ள இந்தக் கதிர் வீசல் இன்றும் இவ்வுலகில் எம்மருங்கும் நடைபெற்றுக் கொண்டுதான் உள்ளது. கதிர்வீசல் கடல்மட்டத்தில் மிகக் குறைவாகவும், மலையுச்சியில் அதிகமாகவும் இருக்கின்றது. மலையுச்சியில் இருக்கும் அளவில் பத்தில் ஒரு பங்குதான் கடல்மட்டத்தில் இருக்கும். காரணம், மலையுச்சியின் மீதுள்ள மெல்லிய காற்று அதிகமான அண்டக் கதிர்களை அனுப்புகின்றன; பூமியிலும் கதிரியக்கப் படிவுகள் உள்ளன.

இன்றைய நிலை வேறு. இன்றுள்ளதுபோல் கதிரியக்க மூலங்கள் என்றும் அதிகமாக இருந்ததில்லை; இவ்வளவு அதிகமான அளவிலும் அக் கதிர்வீச்சு ஒருநாளும் விடுவிக்கப்பெறவில்லை. இப்புவியில் ரேடியம் போன்ற பதினாறு

---

[1] உயிரியல் biology. [2] அண்டக் கதிர்கள் - cosmic rays

தனிமங்கள் படிப்படியாகச் சிதைந்தழிதலால் கதிர்வீச்சு மெதுவாக நடைபெற்றுக் கொண்டே யிருக்கிறது. இன்று செயற்கை முறையில் மனிதன் படைப்பினுல் கதிரியக்கப் பொருள்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்து விட்டது. கிட்டத் தட்ட எல்லாத் தனிமங்களின் வகைகளை மனிதன் இன்று ஆக்கிப்படைத்துவிட்டான். அன்றியும், பிற மூலங்களிலிருந் தும் கதிர் வீசல்களின் அளவுகளையும் பேரளவில் அதிகரிக் கச் செய்துவிட்டான். இன்று இப்புவியில் சிதறிக்கிடக்கும் ரேடியத்தையெல்லாம் ஒன்ருகச் சேர்த்துவிட்டான்; புதிர்க் கதிர்ப் பொறிகளையும்[3], அணுவினைச் சிதைக்கும் பொறி களையும் அணு உலைகளையும் படைத்து விட்டான். கடந்த ஐம்பது ஆண்டுகளில், ரேடியத்தைக் கண்டறிந்ததிலிருந்து இன்றுவரை, இவ்வுலக முழுவதிலும் அவன் சில இராத் தல்கள் அளவுதான் ரேடியத்தைப் பிரித்தெடுத்திருக்கிருன். ஆனுல், அவன் படைத்துள்ள ஓர் அணு உலையிலிருந்து நூற்றுக்கணக்கான டன் அளவு ரேடியம் கொடுக்கக்கூடிய கதிர்வீச்சினை உற்பத்தி செய்துகொள்ள முடியும்.

கதிரியக்க மூலங்களையும் அதிக அளவில் அணுவாற் றலையும் கண்ட மனிதன் அவ்வாற்றலைப் புதிய துறைகளிலும் மிக விரிந்த நிலையிலும் பயன்படுத்தும் வழி வகைகளைக் கண் டறிந்து வருகின்ருன். மானிட நலனில் அவ்வாற்றலைக் கை யாளும் முறைகளைக்கண்டறிவதில் மனிதன் தன் முழுமுயற்சி யினையும் ஒரு முகப்படுத்தி வருகின்ருன். இன்று கதிரியக்கப் பொருள்களைக் கையாளும் மக்களின் தொகை அதிகரித்து வருகின்றது, அறிவியலறிஞர்கள் கதிரியக்கப் பொருள்களை "வழி - துலக்கிகளாகக்"[4] கையாண்டு உலோகங்களும், கலப்பு உலோகங்களும் உண்டாவதையும், தாவர வாழ்க் கையிலும் மானிட வாழ்க்கையிலும் மறைமுகமாகவுள்ள கிரியைகளைக் கண்டறிவதிலும் முனைந்திருக்கின்றனர். மருத் துவர்கள் இதே பொருள்களை ஆராய்ச்சியிலும், நோய்களை நாடிக் காண்பதிலும், நோய்களைத் தணிப்பதிலும் பயன் படுத்துகின்றனர். தொழில் துறையிலும் அணுவாற்றல்

[3] புதிர்க்கதிர்ப் பொறிகள் - x-ray machines.

[4] வழி-துலக்கிகள் - tracers.

பல்வேறு முறைகளில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. இவற்றைத் தவிர, போர்க் காலத்தில் எதிரிகளைத் தாக்குவதிலும், எதிரிகளால் அணு ஆயுதங்களைக்கொண்டு தாக்குறுங்கால் தன்னைக் காத்துக் கொள்வதிலும் மனிதன் அணுவாற்றலைக் கையாளுகிருன். எனவே, அணுவாற்றல் அமைதிக்காலத்தில் எவ்வெவ்வாறெல்லாம் பயன்படுகின்றது என்பதை அறிந்துகொள்வதும், கதிர்வீச்சினுல் நேரிடும் பல்வேறு தீங்குகளை அறிந்துகொள்வதும், அணுவாற்றலால் வெளிப்படும் கண்ணுல் காணக்கூடாதனவும் ஆழ்ந்து துளைத்துச் செல்ல வல்லனவுமான மறலிக் கதிர்களிலிருந்து தன்னைப் பாதுகாத்துக் கொள்வதும் மனிதனுக்கு இன்றியமையாதவைகளாகின்றன.

பாதுகாப்பு முறைகள் : பாதுகாப்பு முறைகளை மனிதன் திடீரென ஒருநாளில் கண்டறிந்து விடவில்லை. பல தொல்லைகளை அனுபவித்த பிறகு பாதுகாப்பு முறை மெதுவாகத்தான் வளர்ந்தது. 1896-ல்தான் புதிர்க்கதிர் விளைவித்த புண் என்ன என்பதை மனிதன் முதன் முதலில் கண்டான். 1915 வரையிலும் புதிர்க் கதிர்கள் அபாயமுள்ளவை என்று பொதுவாக மக்கள் அறிந்திருந்தனரே யன்றி, அதற்குமேல் திட்டமாக ஒன்றும் தெரிந்து கொள்ளவில்லை. பல அறிவியலறிஞர்கள் புதிர்க் கதிர்களும் ரேடியக் கதிர்களும் ஆழ்ந்து பாய்ந்ததனுல் மாண்டனர். முதலாம் உலகப் பெரும்போரில் பலர் மருத்துவ நிலையங்களில் புதிர்க் கதிர்களால் சிகிச்சை பெற்றபொழுது மரித்தனர்.

ரேடியத்தைப்பற்றிப் பல விநோதமான கதைகளும் பரவ ஆரம்பித்தன. ரேடியம் உடலுக்குக் கிளர்ச்சி யூட்டுகிறது என்பன போன்ற பல தவருன கருத்துக்கள் மக்களிடையே பரவின. மக்கள் அவற்றை நம்பத்தான் செய்தனர். எனவே, 1920-ல் சிறிதளவு ரேடியம் கரைந்தநீர் ‘ அற்புத சர்வ–ரோக சஞ்சீவி ’ என்று சொல்லி மிக அதிக அளவு விலைக்கு விற்கப்பெற்றது. அறியா மக்கள் அதனை வாங்கிப் பருகி பரிதாபகரமாக மாண்டனர். உயிருடன் இன்னும் சிலர் இருக்கின்றனர் ; அவர்கள் எலும்புபற்றிய நோய்களால் பீடிக்கப்பட்டு வருந்துகின்றனர்.

கடிகாரத்தின் முகம் இரவிலும் தெரிவதற்காக ரேடிய உப்பினைக்கொண்டு மணிகாட்டும் முட்களையும் எண்களையும் பூசி வைப்பதுண்டு. தொழிற்சாலைகளில் உபயோகிக்கும் உப்பு வர்ணத்தில் மிகச் சிறிய அளவு ரேடியம் இருக்கும். இத்தகைய வர்ணத்தை நியு ஜெர்ஸி என்ற நகரில் மயிரினு லான தூரிகைகளைக்[5] கொண்டு எழுதிய பெண்கள், தூரிகைகள் கூராக இருப்பதற்கு அவற்றை நாக்கிலுள்ள எச்சிலைத் தொட்டு உதடுகளில் வைத்துச் சுழற்றிக் கூர்மையாகச் செய்தனர். இப்படிச் செய்ததனால் மிக மிக நுட்பமான அளவில் ரேடியம் அவர்கள் வாயின் வழியே உடம்பினுள் சென்றது. ரேடியத்தின் அரை-வாழ்வு 1600 ஆண்டுகள் என்பது நமக்குத் தெரியும். அப் பெண்கள் விழுங்கிய ரேடியம் அளவில் சிறிதாயினும், நெடுகத் தொடர்ந்து எமனைக் கதிர்களை வீசிக்கொண்டே இருக்கும். இதனால் அப்பெண்களின் உள்ளுறுப்புக்கள் தின்னப்பெற்று சித்திரவதைக்குள்ளாகி இறுதியில் மரித்தனர். அவர்கள் விழுங்கிய சிறு அளவு ரேடியம் அவர்கள் எலும்பிலும் சேர்ந்து விட்டது. இவ்வாறு உயிரிழந்த மங்கையர் நூற்றுக்கு மேற்பட்டோர். இறந்த பெண்களின் எலும்புகள் ஆராய்ச்சிக்காகச் சோதனைச் சாலைகளில் வைக்கப்பெற்றுள்ளன. இந்த எலும்புகள் அருகில் இன்றும் கைகர் எண் - கருவியினைக் கொண்டு சென்றால் ‘கிளிக்’ ஒலி கேட்கின்றது. ரேடியத்தின் அரை - வாழ்வு 1600 ஆண்டுகள் என்பதை அறிந்த நமக்கு இதன் காரணம் நன்கு தெரியும். இவ்வாறு நேரிட்ட இழப்பு ரேடியக் கதிர் வீச்சினால் மட்டுமன்று; அறியாமைதான் இதற்கு முதற் காரணமாகும். ரேடியத்தைப்பற்றி முழு உண்மையை அறியாது அதனை மருத்துவ முறையில் பயன் படுத்தியபொழுது இத்தகைய கேடுகளே விளைந்தன.

இன்று கதிரியக்க விளைவினைப்பற்றிப் பொது மக்களுக்கு அறிவிப்பதில் அணுவாற்றல் குழு ஈடுபட்டிருக்கின்றது. அவற்றின் நற்பலன்களைப்பற்றியும் தீங்குகளைப்பற்றியும்

[5] தூரிகை – brush.

அடிக்கடி சிறு சிறு வெளியீடுகளின் மூலம் அறிவித்து வரு கின்றது. அவ்வெளியீடுகள் யாவும் ஆங்கிலத்திலிருப்பதால் ஆங்கிலம் பயிலாத தமிழ் மக்கள் அவற்றினைப் படித்து அறிந்துகொள்ளும் வாய்ப்புக்களே இல்லை. தவிரவும், அணு வாற்றலின் பயனைப்பற்றிய பல அரிய அறிவியல் நூல்களும் ஆங்கிலத்தில் வெளிவந்துள்ளன. அவற்றிலுள்ள கருத்துக் களையெல்லாம் தமிழ் மக்கள் ஓரளவு அறிந்து கொள்வது நவீன வாழ்க்கைக்கு மிகவும் இன்றியமையாதது.

கதிர்வீச்சு[6]: அணுவாற்றலைப்பற்றிப் படிக்கும் நாம் உயர்வாற்றல் கதிர்வீச்சினைப்[7] பற்றிதான் நன்ருக அறிந்து கொள்ளவேண்டும். ஒரு மின்சார அடுப்பிலிருந்து வெப்பக் கதிர்கள் வீசப்பெறுகின்றன; ஒரு மின்சாரக் குமிழிலிருந்து[8] ஒளிக்கதிர்கள் வீசப்பெறுகின்றன. இவையெல்லாம் வலி வற்ற கதிர்வீச்சுக்கள். உயர்வாற்றல் கதிர்வீச்சு என்பது அணுவாற்றலால் விளைவது; கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியாலும்[9] இது விளையும்.

அணுவின் அமைப்பைப்பற்றி ஏற்கெனவே அறிந்த வற்றை இவ்விடத்தில் நினைவு கூர்தல்வேண்டும். நமது உடல், மேசை, நாற்காலி, மின்சாரம் செல்லும் கம்பி போன்ற எல்லாப்பொருள்களும் சில அடிப்படைப் பொருள்க ளாலானவை என்பது நமக்குத் தெரியும். இந்த அடிப்படைப் பொருள்களைத்தான் தனிமங்கள் என்று வழங்குகின்ருேம். அயோடின் என்பது ஒருதனிமம்; தாமிரமும்[10] ஒரு தனிமந் தான். நீரில், உயிரியம், நீரியம் என்ற இரண்டு தனிமங்கள் உள்ளன. அதுபோலவே, நாம் உண்ணும் சோற்றுப்பும் சோடியம், குளோரின் என்ற இரண்டு தனிமங்களாலானது. இத் தனிமங்கள் யாவும் அணுக்களாலானவை. ஒவ்வொரு அணுவிலும் பல பகுதிகள் உள்ளன. அணுவின் நடுவில் இருப்பது உட்கரு; அதனைச் சுற்றிப் பல வட்டமான கூடு களில் எதிர் மின்னிகள் சுற்றி வருகின்றன. அணுக் கரு

[6] கதிர் வீச்சு - radiation [7] உயர்வாற்றல் கதிர் வீச்சு – high energy radiation. [8] குமிழ் - bulb. [9] கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி – radioactivity. [10] தாமிரம் - copper.

நேர் இயல் மின்னிகள், பொதுஇயல் மின்னிகள் என்ற இரு வகைத் துணுக்குகளால் ஆனது. மிகப் பெரிய ஆற்றல் இந்தத் துணுக்குகளைப் பிணைத்து வைத்திருக்கின்றது. அணுவைச் சிதைத்து இந்த ஆற்றலை விடுவிக்கும் பொழுதும், கோள் நிலையில் சுழலும் எதிர்மின்னிகளை அவை செல்லும் பாதைகளினின்று மாற்றும்பொழுதும் உயர்வாற்றல் கதிர்வீச்சு எழுகின்றது. இந்த உயர்வாற்றல் கதிர்வீச்சுக்கள் யாவும் உயிரணுக்களையும்[11] உயிரிழையங்களையும்[12] ஒரே மாதிரியாகத்தான் பாதிக்கின்றன. சிலவகைக் கதிர் வீச்சுக்களால் அதிக அளவு கேடு விளையக்கூடும்; ஆனால், நேரிடும் ஊறு ஒருவகைப் பட்டதேயாகும்.

கதிர்வீச்சு வகைகள்: உயிரியலைப்பற்றிய வரையில் நாம் ஐந்து வகையான கதிர்வீச்சுக்களை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். கதிர் வீசலைப்பற்றி ஏற்கனவே அறிந்து கொண்டுள்ள செய்திகளுடன் அடியிற் கண்டவற்றையும் இணைத்து அறிந்து கொள்ளுதல் பெரும்பயன் விளைக்கும்.

(அ) ஆல்பா - துணுக்குகள்: இவை அதிக அளவில் கேடு பயக்கக்கூடிய நேர்மின்னூட்டம் பெற்ற துணுக்குகள்; அளவில் பெரியவை. அவை சிதைவுறாத தோலைத் துளைத்து உள்ளே செல்லும் ஆற்றலற்றவை. ஆனால், அவற்றை விடு விக்கும் தனிமம் உடலினுள் படிந்து விட்டால், அது வெளி விடும் கதிர்களால் உடல் மிகவும் கேடுறும்.

(ஆ) பீட்டா - துணுக்குகள்: இவை எதிர்மின்னூட்டம் பெற்றவை. இவை தோலினைத் துளைத்துச் சென்று கேடு பயக்கும் தன்மை வாய்ந்தவை. $\frac{1}{8}$ அங்குலம் அளவு இழையத்தினைத் துளைத்துச் செல்லக்கூடியவை.

(இ) காமா - கதிர்கள்: மிகவும் கேடு பயக்கக் கூடியவை. இவை தாக்கியவுடன் ஏற்படும் கேடு கண்ணுக்குப் புலனாவதில்லை; தாக்கின பல நாட்களுக்குப் பிறகே அது கண்ணுக்குப் புலனாகின்றது.

[11] உயிரணு - living cell. [12] உயிரிழையம் - living tissue.

இந்த மூன்று கதிர்களும் இயற்கையின் வழியே எழுகின்றன. ஆதலின், இவற்றின் அளவினைச் செயற்கை முறையில் அடக்கி ஆள முடியாது. இம் மூன்றனையும்பற்றி ஏற்கெனவே ஒரு சிறிது அறிந்து கொண்டுள்ளோம்.

(ஈ) பொது இயல் மின்னிகள் : இவற்றில் மின்னூட்டம் இல்லை. இவை மிக வேகமாகச் சென்று பாய்பவை; பெருங் கேட்டினையும் விளைவிப்பவை. இவற்றின் வேகத்திற்கேற்ப இவை உயிரிழையங்களைப் பல அடி ஆழம் துளைத்துச் செல்லும்.

(உ) புதிர்க் கதிர்கள் : காமா - கதிர்களைப் போன்றவை. ஆனால், துளைத்துச் செல்லும் ஆற்றலிலோ காமா - கதிர்களுக்குக் குறைந்தவையே.

கதிர்வீச்சின் விளைவு: இந்தக் கதிர்களால் நேரிடும் கதிர் வீச்சுக்கள் யாவும் உயிர்ப் பொருள்களை ஒரே மாதிரியாகத்தான் பாதிக்கின்றன. காரணம், எல்லா உயிர்ப் பொருள்களும்[13] ஒரே மாதிரியான இயைபுப் பொருள்களைக்[14] கொண்டவை. எடுத்துக்காட்டாக, கார்பன் எல்லா உயிர்ப்பொருள்களின் ஓர் இயைபுப்பொருள். கார்பன் அணுவின் அணுக்கருவில் ஆறு அலகு[15] நேர்மின்சாரம்[16] உள்ளது. இந்த அணுக்கருவினைச்சுற்றி ஆறு எதிர் மின்னிகள்[17] கோள் நிலையில் சுழன்று கொண்டிருக்கின்றன; ஒவ்வொரு எதிர் மின்னியும் எதிர் மின்சாரத்தைக்[18] கொண்டது. இந்த ஆறு நேர் மின்சார அலகுகளும் ஆறு எதிர் மின்சார அலகுகளும் ஒன்றாக இணைந்துதான் கார்பன் அணுவை மின்சார - சமனிலையாக இருக்கும்படி செய்கின்றன. நீரியம், நைட்ரொஜன், உயிரியம் போன்ற எல்லாத் தனிமங்களின் அணுக்களும் மின்சார - சமனிலையில்தான் உள்ளன. உயிர்ப் பொருள்கள் யாவும் கார்பன், நீரியம், நைட்ரொஜன், உயிரியம் ஆகிய

[13] உயிர்ப் பொருள்கள் - living things. [14] இயைபுப் பொருள்கள் - constituents. [15] அலகு - unit. [16] நேர் மின் சாரம் - positive electricity. [17] எதிர்மின்னி - electron. [18] எதிர் மின்சாரம் - negative electricity.

தனிமங்களின் அணுக்களைப் பயன்படுத்திப் பிசித[19] அணுத்திரளைகளை[20] உண்டாக்குகின்றன. உயிர்ப் பொருள்களின் இழையங்களின் பெரும் பகுதி பிசித அணுத்திரளைகளைக் கொண்டவை. இந்தப் பிசித அணுத்திரளைகளும் மின்சார-சமனிலை யுடையவை. பல்லாயிரக் கணக்கான எதிர் மின்னிகள் அணுக்கருக்களில் அவற்றிற்குச் சமமான எண்ணிக்கையுள்ள நேர் மின்னிகளுக்குச் சமமாக இருப்பதால், அணுத்திரளைகள் யாவும் மின்சார - சமநிலை யுடையவையாக இருக்கின்றன.

தொடர்ந்து விரைவாக நடைபெறும் உயிர் வாழ்க்கை பற்றிய செயல்கள் பல்வேறு பட்டவை. அவற்றுள் சில: இழையங்கள்[21] வளர்ந்து சிதைகின்றன; ஊட்டச் சத்துக்கள்[22] புதிய இடங்களைப் பெறுகின்றன; கழிவுப் பொருள்கள் அகலுகின்றன; தசைகளில் ஆற்றல் உண்டாகின்றது; முழு உயிரியும் திரும்ப உண்டாகின்றது. டாக்டர் ஸ்கோயென்ஹீமர் என்ற அறிவியலறிஞர் இத்துறையில் ஆராய்ந்து உடல் முழுவதும் பன்னிரெண்டு மாதங்களுக்கொருமுறை திரும்பவும் உண்டாகிறது என்று கண்டறிந்திருந்தார். நாம் உண்ணும் கொழுப்புப் பொருளும் புரதமும் உடனே ஆற்றல் உண்டாக்குவதற்கோ இழையம் உண்டாவதற்கோ பயன்படுத்தப் பெறுவதில்லை. புதிதாக உண்ட கொழுப்புப் பொருள் கொழுப்பு இழையங்களில் படிய, முன்னரே இருந்த கொழுப்பு ஆற்றலை உண்டாக்குவதற்குப் பயன்படுகின்றது. அங்ஙனமே, புதிதாக உண்ட புரதம் இழையம், தசை, நரம்பு ஆகியவற்றின் உயிரணுக்கள் உண்டாவதற்குப் பயன்பட, முன்னர் இருந்த புரத அணுத்திரளைகள் நீக்கப் பெறுகின்றன; ஆக்ஸிகரணமாகின்றன, அல்லது கழிவுப் பொருள்களாக அகற்றப் பெறுகின்றன. கதிரியக்க ஓரிடத்தான் ஆராய்ச்சியால் அவர்கண்ட உண்மை உறுதிப்பட்டது. அன்றியும், எலும்பும் புதிதாக உண்டாகிறது என்றும் அறியப் பெற்றுள்ளது.

---

[19] பிசிதம் - protein. [20] அணுத்திரளை - molecule.
[21] இழையம் - tissue. [22] ஊட்டச் சத்து - nutrient.

மேற்கூறிய சிக்கலான பல்வேறு செயல்களிலும் உயிருள்ள அணுத்திரளைகள் சிதைந்து பல்லாயிரக் கணக்கான முறைகளில் திரும்பவும் ஒன்று சேர்கின்றன. ஆயினும், அவை என்றும் தம் மின்சார-சமநிலை[23] சிறிதும் கெடாமல் தான் பல முறைகளிலும் ஒன்று சேர்கின்றன. அச் சமநிலை கெட்டால், உயிர்ப்பொருள்கள் கெடும்; அல்லது சிதைந்து அழியும். கதிர்வீச்சு இக்கேட்டை அல்லது சிதைந்தழிதலை உண்டாக்குகிறது. கதிர்வீச்சு உயிர் வாழிகளின் உடலிலுள்ள அணுக்கள், அணுத்திரளைகள், பிசிதச் சேர்க்கைகள் போன்றவற்றின் நுண்ணிய மின்சார-வேதியல் சமநிலையைத் தாக்கி, சிதைத்து அழித்துவிடுகின்றது. இறுதியாக அது அணுக்களும் அணுத்திரளைகளும் கொண்ட உயிரணுக்களையே கேடுறச்செய்து அவற்றைக் கொன்றுவிடுகின்றது. ஏராளமான உயிரணுக்கள் அழிக்கப் பெறின் உயிரி முழுவதும்—தாவரம், பிராணி, மனிதன் ஆகியவற்றுள் எதுவாக இருப்பினும்—கொடுமையான முறையில் ஊறுபடுகின்றது; அல்லது இறந்து வீழ்கின்றது.

அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சு: கதிர்வீச்சு உடலினுள்—உயிருள்ள இழையங்களினூடே—செல்லுங்கால் அது அணுக்கள், அணுத்திரளைகள் ஆகியவற்றின் மின்சார-சமநிலையைக் குலைப்பதுடன் மட்டிலும் நின்று விடுவதில்லை; அவற்றைச் சிறுசிறு சில்லுகளாகவும் உடைத்து விடுகின்றது. அச்சில்லுகளில் நேர் மின்னூட்டம்[24] அல்லது எதிர் மின்னூட்டம்[25] அமைந்துள்ளது. அவை நேர் மின்னூட்ட அயனிகள்[26] என்றும், எதிர்மின்னூட்ட அயனிகள் என்றும் வழங்கப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு அணுக்களையும் அணுத்திரளைகளையும் அயனிகளாக மாற்றும் கதிர் வீச்சினை 'அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சு'[27] என்று வழங்குகின்றனர். அயனி என்பது என்ன? மின்சாரம் சமநிலையில் இருப்பதனை

---

[23] மின்சார சமநிலை - electrical balance. [24] நேர்மின்னூட்டம் - positive charge. [25] எதிர்மின்னூட்டம் - negative charge. [26] அயனி - ion. [27] 'அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சு' onizing radiation.

அணு என வழங்கினோம் அல்லவா? சமனிலையினின்றும் பிறழ்ந்து மின்னூட்டம் பெற்றுச்சென்று அலைகின்ற அணு தான் அயனி என்பது; செல்லி என்றும் இதனை வழங்குவர். அயனியின் ஆக்கத்தைக் கொண்டே கதிர்வீச்சு இயக்கத்தை அளந்தறியலாம்; அதனைக் கொண்டே ஆல்பா - கதிர், பீட்டா - கதிர், காமா - கதிர், புதிர்க் கதிர் முதலிய வற்றின் இருப்பினைத் துப்பறியவும் செய்யலாம். அது கிடக்க.

சாதாரணமாக ஒரு நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற அயனி ஓர் எதிர் மின்னூட்டம்பெற்ற அயனியுடன் ஒன்றுசேர்ந்து மின்சார சமனிலையுள்ள ஒரு புதிய அணுத்திரளையினை உண்டாக்குவதுதான் இயல்பு. உயிரணுவில், சிதைவுற்ற அணுத்திரளையினின்று அயனிகளாகப் பிரிந்த பகுதிகள் மிகச் சிறிய காலஅளவில் மீண்டும் ஒன்றும் பட்சத்தில், அந்த அணுவிற்கு நிலையான கேடு ஒன்றும் நிகழ்வதில்லை. இவ்வாறு நிகழ்வதற்குரிய வாய்ப்புக்கள் அரியவை; இல்லையென்றுகூடச் சொல்லி விடலாம். காரணம், தீவிரமான அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சால் பல்வேறுபட்ட அணுத்திரளைகள் சிதைவுறுகின்றன. எண்ணற்ற இந்த அயனிக் கூட்டங்கள் பல்வேறு குழப்பமான முறைகளில் மீண்டும் ஒன்று சேர்கின்றன. இச்சேர்க்கை ஓர் ஒழுங்குமுறையில் மிக நுட்பமாக அமைந்த இழையத்தை முழுதும் குலைவுறச் செய்வதுடன், புதிய சேர்க்கைப் பொருள்களையும் உண்டாக்கி விடுகின்றன. இச் சேர்க்கைப் பொருள்கள் நச்சுத் தன்மை பொருந்தியவை; நன்னிலையிலுள்ள பிற இழையங்களையும் நஞ்சூட்டிக் கேடுறச் செய்கின்றன. அன்றியும், கதிரியக்கத் துணுக்குகள் மோதுதலால் புதிய வேகம்பெறும் அயனிகள் வேறு இழையங்களைத் துளைத்துச் செல்லுகின்றன. இதனால் அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சால் நிகழும் விளைவுபோன்றதோர் விளைவினையும் உண்டா விடுகின்றன. இன்றைய நிலையில் மேற்குறிப்பிட்ட களைத் தவிர கதிர் வீச்சினால் உயிர் அணு உயிரணுக்கள், இழையங்கள் ஆகியவற்றின்

நடைபெறுகின்றது என்பதை ஒன்றும் அறியக் கூடவில்லை. ஆனால், செயல்முறையில் கையாளக்கூடிய ஏராளமான வேலை முற்றுரு முறையில்,[28] செய்து-பிசகி-அறிதல் அடிப்படையில், நடைபெற்றிருக்கின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, அறிவியலறிஞர்கள் எலும்பு-மச்சை யணுக்களும் வேகமாக வளரும் பிற இழையங்களும் மூளை உயிரணுக்களைவிட மிகவும் வேகமாகப் பாதிக்கப்பெறுகின்றன என்றும், இவ்வாறே கதிர்வீச்சினை எதிர்த்து நிற்கும் ஆற்றலில் இழையத்திற்கு இழையம் அதிக வேறுபாடு உண்டு என்றும் கண்டறிந்துள்ளனர். புற்றுநோயுள்ள அணுக்கள் சாதாரண நிலையிலுள்ள இழையத்தைவிட கதிர்வீச்சு இயக்கத்துக்கு உணர்ச்சியுள்ளவை; இந்த அறிவைக் கொண்டு தான் ரேடிய மருத்துவர்கள் புற்றுநோய் சிகிச்சையில் புதிர்க்கதிரையும் ரேடியத்தையும் பயன்படுத்துகின்றனர். இத்துறையில் ஏராளமான பணத்தைச் செலவிட்டு அமெரிக்க அணுவாற்றல் குழு தீவிர ஆராய்ச்சி செய்து வருகின்றது; ஆயிரக்கணக்கான அறிவியலறிஞர்கள் இத் துறையில் பணியாற்றி வருகின்றனர்.

உயிருள்ள பொருள்களில் ஆராய்ச்சி: உயிருள்ள பொருள்கள் யாவும் அணுத்திரளைகளாலானவை என்றும், கதிர்வீச்சால் அணுத்திரளைகள் பாதிக்கப் பெறுகின்றன என்பதையும் மேலே கண்டோம். கதிர்வீச்சு பல்வேறு விதமாகப் பாதிக்கின்றது; பல்வேறு அளவிலும் இதன் தீவிரம் காணப்பெறுகின்றது. தோலில் அழற்சி ஏற்படுதல் போன்ற ஒருசில ஊறுபாடுகள் எளிதாகத் தோன்றக்கூடும். ஆயினும், அடிக்கடி நேரிடும் இவ்வழற்சி புற்றுநோயில் கொண்டுவந்து விடவும் கூடும். இது எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்பது இன்னும் ஒரு புதிராகவே[29] உள்ளது. கதிர் வீச்சால் நேரிடும் வேறு கேடு இன்னும் மிகவும் நுட்பமாக ...ளது. காமா-கதிர்களோ பொது இயல் மின்னிகளோ ...மாக உடலைத் தாக்கினாலும், தற்செயலாக கதிரியக் ...்களின் துணுக்குகள் உடலினுள் போக நேரிட்

...empirical. [29] புதிர் - mystery.

டாலும், பெருங்கேடு நிகழ்கின்றது. இதனுல் குருதிச் சிவப்பு அணுக்களின் உற்பத்தி தடைப்படுகின்றது. குடல்களோ[30] இனப்பெருக்க உறுப்புக்களோ[31] ஊறுபடக் கூடும். கதிரியக்கம், நுரைப்புளியங்கள்[32] என்று வழங்கப்பெறும் மிகச் சிக்கலான அணுத்திரளைகளின் செயலையே வேறுபடுத்தக்கூடும் என்பது உறுதி. இந்த நுரைப்புளியங்கள்-தாம் நமது உடலினுள் நடைபெறும் செரிமானம், தசை இயக்கத்திற்கு உணவாற்றலைப் பயன்படுத்துதல், இழைய வளர்ச்சி, இழையங்கள் திரும்ப உண்டாதல் போன்ற ஆயிரக்கணக்கான உயிர்-வேதியற் கிரியைகளை ஆட்சி செலுத்துகின்றன; அவை நடைபெறவும் துணைசெய்கின்றன. இவைதாம் உயிர்ப் பிராணிகளின் உடலினுள் நடைபெற்று வரும் இயக்கநிலை மாற்றங்கள்[33]; உயிர்ப் பொருள்களிடம் உள்ள இரகசியங்கள். இந்த இரகசியங்களைத் துளைத்துப் பார்க்கப் பல ஆண்டுகளாக முயன்றும், அறிவியலால் சாத்தியப்படவில்லை. காரணம், உடலினுள் நடைபெறும் கிரியைகளை எட்டிப் பார்க்கவல்ல கருவிகளும்[34] கிட்டவில்லை; யுக்திமுறைகளும்[35] கண்டறியப் பெறவில்லை. இன்றைய அணுயுகம் இந்நிலையைத் தலைகீழாக மாற்றிவிட்டது. உயிர்க்கிரியைகளை ஆராய்ந்து பார்க்கவேண்டிய அவசியமும் அவசரமும் ஏற்பட்டிருக்கின்றது. இந்த ஆராய்ச்சிக்குத் தேவையான புதிய, ஆற்றல் வாய்ந்த கருவியையும் அணுயுகம் நமக்கு அளித்துள்ளது. அதுதான் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்; உளவுகாட்டும் வழி-துலக்கியாகப்[36] பயன்படுவது. உயிர்ப் பிராணிகள் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தும் தனிமங்களின் கதிரியக்க வடிவங்களைக்கொண்டு இழையங்களைத் துளைத்துச் சென்றும், மிகச் சிக்கலான வேதியல் மாற்றங்களை ஊடுருவிச் சென்றும் பார்க்க முடிகின்றது. கைகர் எண்-கருவிகளைக் கொண்டும் கதிர்களால் பாதிக்கப்

---

[30] குடல்கள் - bowels. [31] இனப்பெருக்க உறுப்புக்கள்- reproductive organs. [32] நுரைப்புளியம் - enzyme. [33] இயக்க நிலைமாற்றங்கள் - dynamic changes. [34] tool - கருவி. [35] யுக்தி முறை - technique. [36] உளவு காட்டும் வழி-துலக்கி tracer.

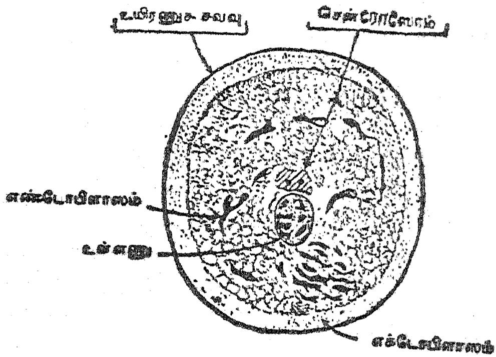
பெறும் புகைப்பட பிலிமைக்[37] கொண்டும் கதிரியக்கத்தின் இருப்பிடத்தை அறிய முடியும். உடலிலுள்ள வேதியற் பொருள்களின் நடத்தையைக்[38] கண்ணுறுவதற்கு மேற் கொள்ளப்பெறும் பல்வேறு ஆராய்ச்சிகளிலும் இந்த ஒரே கருவிதான் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

உயிரணுக்கள் : உயிர்ப் பிராணிகளின்மீது படும் அயனி யாக்கும் கதிர்வீச்சின் விளைவுகளைச் சரியாக அறிந்து கொள்ள வேண்டுமானால், அது உடலிலுள்ள வேதியற் பொருள்களை சிதறடிக்கும் விளைவுகளைப்—அஃதாவது அணுக்களையும் அணுத்திரளைகளையும் நேர்மின்னூட்ட அய னிகளாகவும் எதிர்மின்னூட்ட அயனிகளாகவும் ஆக்குதல்— புரிந்து கொள்வதுடன், கேடுண்டாகும் உயிரணுவில் அயனியால் உண்டாகும் விளைவு என்ன என்பதையும் முதலாவதாக அறியவேண்டும். ஒற்றையணு நுண்ணுலத்தி லிருந்து[39] மானிடன் வரையிலும் உள்ள உடல்கள் பல இலட்சக்கணக்கான உயிரணுக்களால் அமைந்தவை.

இவ்வுலகில் நிரம்பியுள்ள தாவரங்களும் பிராணிகளும் புரியும் பல்வேறுபட்ட செயல்களை முற்றுவிப்பதற்கு உயி ரணுக்கள் அளவிலும், வடிவத்திலும் நடத்தையிலும் பல்வேறு பட்டவைகளாக உள்ளன. எனினும், எல்லா உயிரணுக்களும் ஒரேவித திட்டத்தில்தான் அமைந் துள்ளன. ஒரேவித விதிகளின் அடிப்படையிலும் முறையிலும் தான் காளானின்[40] நுண்ணுடலியும்[41] பெட்டைக் கோழி யின் முட்டையும் தம் இனத்தைப் பெருக்கி வருகின்றன. மனிதனுடைய உடலினுள்ளிருக்கும் விரைவாகப் பெருக்க மடைந்து வரும் குருதியணுக்களும், நரம்புகளின் வழியே செய்திகளை யனுப்பும் நீண்ட ஆயுளையுடைய நூல்போன்ற நரம்பு அணுக்களும் புறத்தோற்றத்தில் ஒன்றுபோல் இல்லை. அவை இரண்டுமே இயந்திர ஆற்றலைத் தரும்

[37] பிலிம் - film. [38] நடத்தை - behaviour. [39] ஒற்றை யணு-நுண்ணுலம்-single cell bacillus. [40] உயிரணு-cell. [40] காளான் - fungus. [41] நுண்ணுடலி -spore.

தசை யணுக்களைப்போல் இல்லை; அன்றியும், அவை ஆயிரக்கணக்காகவுள்ள பிரத்தியேகமான உயிரணுக்களில் ஒருவகையுடன் கூட ஒத்திருக்கவில்லை. எனினும், இந்த உயிரணுக்கள் யாவற்றிலும் ஒரேவிதமான அடிப்படைப் பொருள்கள் உள்ளன. அப்பொருள்கள் யாவும் ஒரேவித அடிப்படைக் கோலத்தில்தான்[42] அமைந்துள்ளன. கதிர் வீச்சு அவற்றிலுள்ள அணுத்திரளைகளை அயனியாக்கி அவற்றைக் கேடுறச் செய்துவிடும்.



உயிரணு

படம்—28

உயிரணு ஒரு மெல்லிய சவ்வினுல் போர்த்தப்பெற்றிருக்கின்றது. அச்சவ்வினுள் களிபோன்ற உயிர்ப் பசைத்துளி அடங்கிக் கிடக்கின்றது. (படம் 28). இக்களிப் பொருளில் சற்று கனமான உள்ளணு[43] மிதந்து கொண்டிருக்கிறது. நுண்ணணுப் பெருக்கி[44] கண்டறியப்பெற்ற பிறகு கடந்த 300 ஆண்டுகளாக, நாம் உயிரணுக்களைப்பற்றி மிக அதிகமாக அறிந்துள்ளோம். அவை தம்மைத்தாமே பெருக்கிக்

[42] கோலம் - pattern. [43] உள்ளணு - nucleus.
[44] நுண்ணணுப் பெருக்கி - microscope.

கொண்டு உயிர்ப் பிராணிகளின் உற்பத்தியிலும் வளர்ச்சியிலும் எவ்வாறு பங்குகொள்கின்றன என்றும், உயிர்ப் பிராணிகளின் உடலிலுள்ள பகுதிகளின் வளர்ச்சி, ஊட்டம் முதலிய கிரியைகளுக்கு எவ்வாறு துணைபுரிகின்றன என்றும் நாம் உற்றுநோக்கி அறிய முடிகின்றது.

உயிரணுக்களி னுள்ளிருக்கும் உயிர்ப்பசைப் பொருளிலும், பிற பொருள்களிலும் பிசிதங்கள் உள்ளன. பிசிதங்கள் பெரிய அணுத்திரளைகளைக் கொண்டவை. ஒவ்வொரு அணுத்திரளையும் அமினோ அமிலங்கள்[45] என்ற சிறு அலகுகளாலானது. பிசிதங்களில் இருபது விதமான அமினோ அமிலங்கள் பல்வேறு விகிதங்களிலும் கோலங்களிலும் ஒன்றுசேர்ந்துள்ளன என்று அறிவியலறிஞர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர். எல்லா உயிர்ப் பொருள்களிலும் இருக்கும் வேதியல் சேர்க்கைப் பொருள்களில் பிசிதங்கள்-தாம் மிகவும் முக்கியமானவை. பிசிதப் பொருள்களின் உயிர்-வேதியல் ஆராய்ச்சி[46] யினால் அறிவியலறிஞர்கள் பல உண்மைகளைக் கண்டுள்ளனர். அண்மையில் அவர்கள் கந்தகம், நீரியம் தொடர்புகொண்ட நுரைப்புளியங்கள்தாம் மிகவும் உணர்வுள்ளவை என்று கண்டறிந்துள்ளனர். இந்த நுரைப்புளிய எதிர்வினை உயிரணுவின் உணர்வுடனும் கதிர் வீச்சிற்குப் பிறகு உடலில் ஏற்படும் மாற்றங்களுடனும் தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்றும் காட்டுவதற்கு முயன்று வருகின்றனர். இதுபற்றிய ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன.

ஊசிமுனைக் கற்றைக் கதிர்வீச்சு: ஓக் ரிட்ஜ் ஆராய்ச்சி நிலையத்திலும்[48] மாசாசூசெட்ஸ் தொழில் நுணுக்க ஆராய்ச்சி நிலையத்திலும்[49] நுரைப்புளிய வேதியல் ஆராய்ச்

[46] அமினோ அமிலங்கள் - amino acids. [46] உயிர் - வேதியல் ஆராய்ச்சி - biochemical study. [48] ஓக் ரிட்ஜ் ஆராய்ச்சி நிலையம் - Oak Ridge Research Institute. [49] மாசாசூசெட்ஸ் தொழில் நுணுக்க ஆராய்ச்சி நிலையம் - Massachusetts Insitute of Technology

சியும் பிசித ஆராய்ச்சியும் நடைபெற்று வருகின்றன. சிகாகோ பல்கலைக் கழகத்திலுள்ள உயிர் நூலறிஞர்கள் ஓர் உயிரணுவின் எப்பகுதி கதிர்வீச்சினால் மிகவும் பாதிக்கப் பெறுகின்றது என்பதை ஆராய்ந்து வருகின்றனர். அவர்கள் மிக நுண்ணிய கதிர்க் கற்றையை ஓர் உயிரணுவின் ஒரு சிறு பகுதியில் குவியச்செய்து நுண்ணணுப் பெருக்கியின் மூலம் கவனித்து வருகின்றனர். ஒரு பிராணியின் உயிரணுவின் குறுக்களவு ஓர் அங்குலத்தில் பன்னிரண்டாயிரத்து ஐந் நூற்றில் ஒரு பங்காகும். அஃதாவது, கூரிய ஓர் ஊசி முனையைக் காட்டிலும் சிறியது. இத்தகையதொரு சிறிய அணுவின் ஒரு பகுதியின்மீது செலுத்தப்பெறும் கதிர்க் கற்றை மிக மிகச் சிறியதாக இருக்கவேண்டும். அஃதாவது, உயிரணுவில் பத்திலொரு பங்காக இருக்கவேண்டும். இது ஓர் அங்குலத்தில் ஓர் இலட்சத்து இருபத்தையாயிரத்தில் ஒரு பங்காகும். இந்த அளவு கதிர்க் கற்றையைத் தரவல்ல ஒரு பொறியினைக் கண்டறிந்து விடலாம் என்று அறிவிய லறிஞர்கள் நம்புகின்றனர். கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத் தின் மருத்துவத்துறை ஆராய்ச்சியாளர்கள் நரம்பினைச் சூழ்ந்துள்ள நுண்ணிய உறையினைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்ள கதிர்வீச்சினைச் சிறந்த கருவியாகக் கொள்ளலாம் என்று சோதனைகள் மூலம் நிரூபித்து விட்டனர். அன்றியும், கொலம்பியா அறிவியலறிஞர்கள் எந்த அளவு கதிர்வீச்சு ஓர் உயிரணுவின் வெளியுறை கேடு பயக்கும் அயனிகள் நரப்ப இழையத்தினுள் புகாது காக்கும் திறனைக் குறைக் கின்றது என்பதைக் கண்டறிவதில் ஈடுபட்டிருக்கின்றனர். உயிரணுக்கள், அவற்றின் பகுதிகள் ஆகியவை கதிர் வீச் சால் எவ்வாறு பாதிக்கப்பெறுகின்றன என்பதில்கண்டறிந்த முடிவுகளைக் கொண்டு, குருதி, இழையம், உள்ளுறுப்புக்கள் ஆகியவை எவ்வாறு கேடுறுகின்றன என்பதைத் தீர்மா னிக்க முயன்று வருகின்றனர். இதைக்கொண்டு தாவரங் கள், பிராணிகள், மனிதன் ஆகியவற்றின் வளர்ச்சி, வாழ் நாள் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடவும் யுக்தி செய்து விடுகின் றனர். இந்த ஆராய்ச்சிகள் யாவும் கதிர்வீச்சால் ஏற்படும் நோயினுக்குச் சிகிச்சை தருவதில் பயன்படக் கூடும்.

ஆர்கான்[50] என்ற இடத்திலுள்ள அறிவியலறிஞர்கள் ஒரு சிறிய வௌவாலின் சிறகிலுள்ள குருதியோட்டத்தில் கதிர்வீச்சு உண்டாக்கும் விளைவுகளை ஆராய்ந்தனர். வௌவாலின் சிறகு மெல்லியது; $\frac{1}{1000}$ அங்குலம் கனம் உடையது. ஆகவே, ஆய்வாளர்கள் பேராற்றலையுடைய நுண்ணணுப் பெருக்கியின் துணையால் குருதியோட்டத்திலும், நிணநீர் ஓட்டத்திலும் நேரிடும் மாறுதல்களை உற்று நோக்கி அறிய முடியும். வௌவாலைக் கதிர் வீச்சிற்கு உட்படுத்திய பிறகு, அவர்கள் அப்பிராணியின் சிறகில் குருதியோட்டம் மெதுவாக நடைபெறுவதைக் கண்டனர். காரணம், சிதைந்த உயிரணுக்களும் பிற கரிமச் சிதை பொருள்களும்[51] குருதி செல்லும் நுண்புழைகளை[52] அடைத்துக் கொண்டன. அதிகமாகக் கதிர்வீச்சினுக்கு உட்படுத்திய கொடுமையான குருதி யொழுக்கினை[53] விளைவித்த பிராணிகளையும் ஆராய்ந்தனர். குருதிக் குழல்களில் உறைதலைத் தடுக்கும் 'ஹெபாரின்'[54] என்ற பொருள் கதிர்வீச்சினால் அதிகரிக்கின்றது என்றும், அதுதான் குருதியொழுக்கினுக்குத்துணை செய்கிறது என்றும் கண்டனர்.

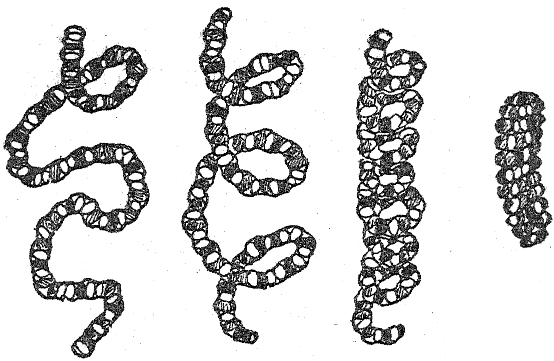
குடிவழியிலும் கேடு : அதிக ஆற்றலுள்ள கதிர் வீச்சு புண்களையும் கதிர்வீச்சு நோயினையும் தருவதுடன் உயிருள்ள பொருள்களை மிக நுட்பமான முறைகளில் பாதிக்கவும் செய்கின்றது; இதனை உடனே கண்டுகொள்ள முடியாது. இக்கதிர்வீச்சு மக்கள், பிராணிகள், தாவரங்கள் ஆகியவற்றிலுள்ள உயிரணுப் பொருளையே பாதித்து ஒரு தலைமுறையிலிருந்து[55] அடுத்த தலைமுறைக்குக்கொண்டு செல்லப்பெறும் பண்புகளையே மாற்றி விடுகின்றது. அறிவியல், மருத்துவ இயல், தொழிலியல், போரியல் போன்ற பல துறைகளிலும் கதிர் வீச்சு பல்வேறு வடிவங்களில் பயன்படும் இக்காலத்தில் அது குடிவழிப் பண்பை எவ்வெவ்வாறெல்லாம் மாற்றக்

[50] ஆர்கான் - Argonne. [51] கரிமச்சிதை பொருள்கள் - organic debris. [52] நுண்புழை - capillary. [53] கொடுமையான குருதி யொழுக்கு-acute hemorrhage. [54] ஹெபாரின்-heparin. [55] தலைமுறை-generation.

கூடும் என்பதை அறிந்துகொள்ள வேண்டியது இன்றியமையாதது.

உயர்ந்தவகைத் தாவரங்களும் பிராணிகளும் உயிரணுக்களின்[56] உள்ளணுவினுள் வளர்ச்சி பெறுகின்றன என்பதும், இந்த உயிரணுக்கள் நுண்ணணுப் பெருக்கி வழியாகப் பார்த்தாலும் கண்ணுக்குப் புலனாகாத அலகுகளாம் நுண்ணிய பொருள்கள் என்பதும், அவை உயிர் மின்னிகள்[57] என வழங்கப்பெறுகின்றன என்பதும் நாம் அறிந்தவையே. இக்கருத்துக்களை முதன் முதல் வெளியிட்டவர் ஆஸ்டிரிய கிறிஸ்துவ மடத்தலைவர்[58] ஒருவர். உயிரிகள் யாவும் இந்த உயிர் மின்னிகளைத் தம் பெற்றோர்களிடமிருந்து குடி வழியாகப் பெற்றுத் தம் வருங்கால சந்ததியினருக்குக் கொண்டு-செலுத்துகின்றன என்று நமக்குத் தெரியும்.

பல்வேறு நிலையிலுள்ள ஓர் உயிர் அணுக்கோல்



படம்—29 அ

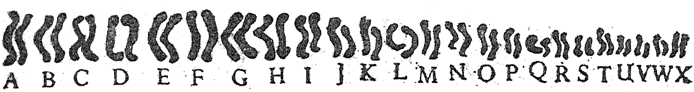
உள்ளே மணிகள்போல் காணப்பெறுபவைதாம் உயிர் மின்னிகள்

உயிரணுவின் உள்ளணுவில் இந்த உயிர் மின்னிகள் கோல் போன்ற பொருளில் மணிகள்போல் வரிசையாக அமைக்கப் பெற்றிருக்கின்றன. (படம் 29 அ). இந்தக் கோல்

[56] உயிரணுக்கள் - germ cell. [57] உயிர் மின்னிகள் - genes. [58] மடத்தலைவர் - abbot.

போன்ற பொருள்களை உயிர் அணுக்கோல்கள்[59] என்றுவழங்குவர். இந்த உயிர் அணுக் கோல்கள் வெவ்வேறு தாவரங்களுக் கேற்றவாறும் பிராணிகளுக் கேற்றவாறும், வெவ்வேறு வளர்ச்சிப் பருவத்திற் கேற்றவாறும் தம்முள் வேறுபட்டுக் காணப்பெறும். அவற்றுள் பெரியது $\frac{1}{100}$ அங்குலம் இருக்கும்; இதனை நுண்ணணுப் பெருக்கியின் மூலம் நாம் காணலாம். ஒவ்வொரு வகைத் தாவரம் அல்லது பிராணிகளின் உயிரணுக்கள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுள்ள உயிரணுக்கோள்கள் இருக்கின்றன; மனிதனிடம் 24 சோடிகள் உள்ளன; அஃதாவது, ஒவ்வொரு உயிரணுவிலும் 48 உயிரணுக்கோல்கள் உள்ளன. பழப் பூச்சிகளிடம்[60] 4 சோடிகளும், தானியத்திடம் 10 சோடிகளும் குங்கும நிறமுள்ள பூஞ்சக்காளானின்[61]

சோடியாக அமைக்கப் பெற்றுள்ள மானிட உயிரணுக் கோல்கள்



படம்—29 ஆ

ஓர் உயிரணுவிலுள்ள பல்வேறு 24 சோடி உயிர் மின்னிகளையும் ஒரு நேர் கோட்டில் அமைத்தால் அவை இவ்வாறு காணப்பெறும்.

சில உயிரணுக்களில் 7 சோடிகளும் அமைந்திருக்கின்றன. ஓர் உயிரியிடம்[62] எத்தனை உயிர் மின்னிகள் உள்ளன என்பதை இன்னும் அறிவியலறிஞர்கள் அறிந்து கொள்ளவில்லை. ஆனால், எடுத்துக்காட்டாக அவர்கள் பழப் பூச்சிகளின் உயிரணுக்களில் கிட்டத்தட்ட 10,000 வெவ்வேறு உயிர் மின்னிகளும் அவற்றின் எட்டு உயிரணுக் கோல்களில் மணிகள்போல் அமைந்திருக்கின்றன என்று நம்புகின்றனர். வேறு உயர்ந்த தாவரங்களும் பிராணிகளும் (மனிதன்

[59] உயிரணுக் கோல்கள் - chromosomes. [60] பழப்பூச்சி - fruit fly. [61] பூஞ்சக்காளான் - mould. [62] உயிரி - organism.

உட்பட) அதே எண்ணிக்கையுள்ள உயிர் மின்னிகளைத் தாம் பெற்றிருக்கின்றன என்றும் கருதுகின்றனர்.

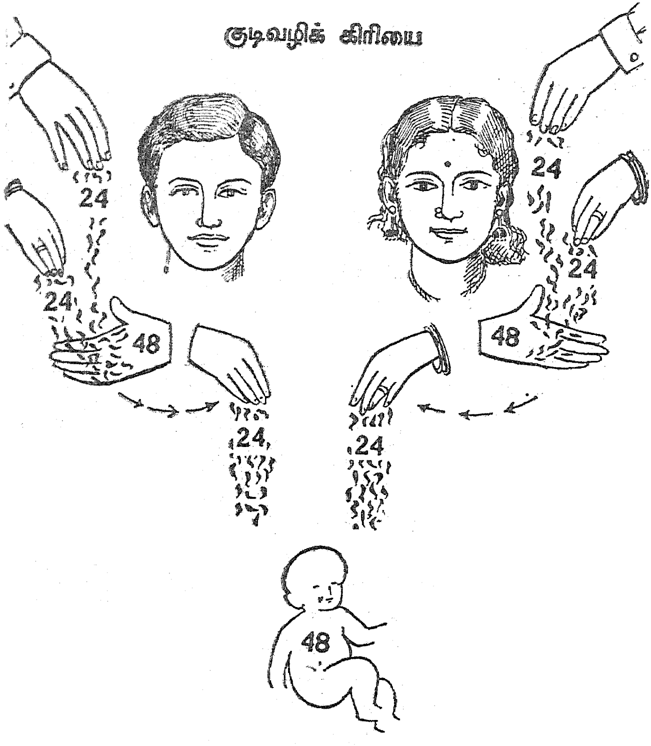
ஓர் உடலிலுள்ள உயிரணு மைட்டோஸிஸ்[63] எனப் படும் ஒருவகைப் பிரிவுக் கிரியை[64]யால் தானகவே பெருக்க மடைந்து வருகிறது. இந்தக் கிரியையில் உயிரணு ஒரே மாதிரியாகவுள்ள இரண்டு 48 சோடி உயிரணுக் கோல் களையும் ஆயிரக்கணக்கான உயிர் மின்னிகளையும் உண் டாக்குகிறது. இந்த இரட்டை அடுக்கு உயிரணுக் கோல்கள் உயிரணுவின் இரண்டு எதிர்க்கோடிகளுக்கு நகர்கின்றன. தாய் உயிரணு இரண்டாகப் பிரியுங்கால் ஒவ்வொரு சேய் உயிரணுவிலும்[65] முழுமையானதாக ஓர் அடுக்கு அமைந்து விடுகின்றது.

பால் உயிரணுக்களின்[66] வளர்ச்சியில்—தாவரங்களிலும் பிராணிகளிடமுமுள்ள சூல் கருக்களும்[67] முட்டைகளும் விரைப் புழுக்களும்[68]—இவ்வாறு பிரிவுறுதல் மியோஸிஸ்[69] என்ற வேறொரு கிரியைப்படி நடைபெறுகின்றது. ஆண் களிடமும் பெண்களிடமும் நடைபெறும் இந்தக் கிரியையில், பால் உயிரணு தன்னிடமுள்ள 48 உயிரணுக்கோல்களையும் பிரித்து அவற்றில் 24-ஐ மட்டிலும் சேய் உயிரணுவிற்கு அனுப்புகிறது. ஒரு முட்டைக்கரு ஒரு விரைப்புழுவால் சூல் கொள்ளும்பொழுது[71]—24 உயிரணுக்கோள்களைக் கொண்ட ஒவ்வொன்றும் — முட்டையும் விரையும் ஒன்று சேர்ந்து புதிதாய்த் தோன்றும் உயிரணுவில் 48 உயிரணுக் கோல்களாக அமைந்துவிடுகின்றன. புதிதாகக் கருவுற்ற உயிரணு மீண்டும் பிரிந்து புதிய நபரை உற்பத்தி செய்யுங் கால் அது மீண்டும் மீண்டும் 48 உயிரணுக்கோல் களைத்தான் ஒன்று சேர்க்கிறது. இந்த 48 உயிரணுக்

[63] மைட்டோஸிஸ் - mitosis. [64] பிரிவுக்கிரியை - process of division. [65] சேய் உயிரணு - daughter call. [66] பால் உயிரணுக்கள் - sex cells. [67] eggs சூல் கரு. [68] விரைப் புழு – sperm. [69] மியோஸிஸ் - meiosis. [70] முட்டைக் கரு – egg cell. [71] சூல் கொள்ளு - fertilisze.

கோல்களில் 24 தந்தையிடமிருந்தும் 24 தாயிடமிருந்தும் த்தமக்குரிய உயிர் மின்னிகளைத் தாங்கிக்கொண்டு ஒன்று சேர்கின்றன.

குடிவழிக் கிரியை



படம்—30

பெற்றோர்கள் கலவியின்பொழுது ஒவ்வொருவரும் தத்தம் 48 உயிர் அணுக்கோல்களில் பாதியை அஃதாவது 24-ஐ தம்முடைய ஒவ்வொரு குழந்தைக்கும் ஈல்குகின்றனர். இவ்வாறு ஒன்று சேர்ந்த உயிர் அணுக்கோல்கள் குழந்தையின் குடிவழியை நிர்ணயிக்கின்றன.

உயிர் மின்னிகளின் முக்கியத்துவம்: ஒரு மானிட உயிரணுவிலுள்ள 10,000க்கு மேற்பட்டுள்ள ஒவ்வொரு

உயிர் மின்னியும் உடல் வளர்ச்சிக்கு அல்லது அதன் செயலாற்றலுக்கு ஒரு பிரத்தியேகமான தொழிலைப் புரிகின்றது என்று உயிரியல் நிபுணர்கள் கருதுகின்றனர். குழந்தைகளிடம் அவை புரியும் விளைவுகளைக் கண்டு அவற்றை ஆராய்ந்து இனங் காண்கின்றனர். எடுத்துக்காட்டு: மனிதனின் உரோமம், தோல், கண்கள் ஆகியவற்றின் நிறங்கள் மெலானின்[72] என்ற நிறமிகளால்[73] உண்டாகின்றன. பெற்ரேர்கள் இருவரிடமுமுள்ள ஆயிரக்கணக்கான உயிரணுக்களில் ஏதாவதொன்று மெலானினை உண்டாக்குவதற்குச் சாதகமின்றியிருந்தால், குழந்தையின் உடலில் மெலானின் உற்பத்தியாகாது. பிறப்பிலிருந்தே அக்குழந்தை ஆல்பிஞேவாக[74] இருக்கும்; அஃதாவது, அதன் கண் இளஞ் சிவப்பாகவும், இலேசான தோலுடனும், வெண்ணிற மயிருடனும் இருக்கும்.

இரு பெற்ரேர்களிடமுமுள்ள இன்ஞெரு உயிர் மின்னி சரியானபடி குருதியுறைதலுக்குச் சாதகமற்றதாக இருந்தால், குழந்தையின் குருதி சாதாரணமாக உறையாது. அக்குழந்தை "குருதிச் சொரிபவஞக" இருக்கும்; அஃதாவது, ஹெமோபிலியா என்ற நோய் அக்குழந்தை குடிவழியாகப் பெற்றிருக்கும்.

ஆல்பினஸமும் ஹெமாபீலியாவும் பின் தங்கி நிற்கும் பண்புகள்[75]. அஃதாவது, ஒரு பெற்ரேர் ஆல்பினிஸம் உண்டாக்கக்கூடிய ஓர் உயிர் மின்னியை அக்குழந்தைக்குக் கொடுத்தால், மற்ஞெரு பெற்ரேர் சாதாரணமாக ஒரு மெலானின் உயிர் மின்னியைத் தருவார். இப்பொழுது அக்குழந்தை ஒரு ஆல்பிஞேவாக இருக்காது சாதாரண நிலையில்தானிருக்கும். ஆல்பிஞே பண்பை குடி வழியாகப் பெறவேண்டுமாஞல், ஆல்பிஞேவை உண்டாக்கும் உயிர் மின்னிகளைக் குழந்தை தன் பெற்ரேர் இருவரிடமிருந்தும் பெறுதல் வேண்டும். அச் சந்தர்ப்பங்களில் உயிர் மின்னி

---

[72] மெலானின் - melanin. [73] நிறமி - pigment. [74] ஆல்பிஞே - albino. [75] பின்தாங்கி நிற்கும் பண்புகள்-recessive traits.

யின் சாதாரண வடிவம் ஓங்கி நிற்கும் பண்பைப்[76] பெற்றிருக்கும்.

குடிவழியாக வரும் ஒரு சில முறை பிறழ்ச்சிகளும்[77] உள்ளன. இவற்றில் ஓங்கி நிற்கும் பண்புகள் காணப்படும். எடுத்துக்காட்டு: அரிவாள் - உயிரணு குருதிச் சோகை[78] இதில் சிவப்பு உயிரணுக்கள் அளவுக்கு மீறி அதிகமாக இருக்கும்; இவை சுருங்கிய வாழ்நாளுள்ளவை. ஏதாவது ஒரு பெற்றோரிடமிருந்து வரும் ஓர் உயிர் மின்னி சாதக மாற்ற பண்பைக் கொண்டிருந்தால் இந்நோய் தோன்றும்.

சடுதி மாற்றங்கள்[78] உயிருள்ள பொருள்களில் உயிரணுக்கள் இரண்டு இரண்டாகப் பிரியும்பொழுது உயிர் மின்னிகள் சாதாரணமாக இரட்டிப்பது ஆச்சரியமான செயலாகும். சாதாரணமாக நடைபெறுவதற்கு மாறாக நடப்பது பல இலட்சத்தில் ஒன்றாகும். அத்தகைய மாற்றங்கள் நடக்கத்தான் செய்கின்றன. அவை 'சடுதி மாற்றங்கள்' என வழங்கப் பெறுகின்றன. இவற்றுள் சாதகமானவைகளும், சாதகமற்றவைகளும் உள்ளன.

இனத்தின் மொத்த எண்ணிக்கையையோ, தனிப்பட்டவற்றின் வீரியத்தையோ[79] குறைக்கக் கூடியவை சாதகமற்ற மாற்றங்கள். சாதகமான மாற்றத்தில் தனிப்பட்டவை சூழ்நிலையை நல்ல முறையில் அனுசரித்துக்கொள்ளும் நிலைமை ஏற்படுகின்றது. சாதகமான மாற்றங்கள் நடைபெறுவது அருமை; அவை நடைபெறத்தான் செய்கின்றன. அவை தாம் கூர்தல் அறத்தின் அடிப்படை என்று நம்பப்படுகிறது.

ஒரு சிக்கலான இயந்திரத்தில் ஏதாவது ஒரு சிறு மாற்றத்தைச் செய்தாலும் இயந்திரத்திற்குக் கேடு விளைவிப்பது போல அடிக்கடி சடுதி மாற்றம் அடையும் உயிர் மின்னிகளால் உயிரிக்கு சாதகமற்ற விளைவுகள் நேரிடு

---

[76] ஓங்கி நிற்கும் பண்பு - dominant trait. [77] முறை பிறழ்ச்சிகள்-abnormalities. [78] 'அரிவாள் - உயிரணு குருதிச் சோகை' - sickle - cell anaemia.

[78] சடுதி மாற்றங்கள் – mutations. [79] வீரியம் - vigour.

கின்றன. அவை இயற்கைத் தேர்தலால்[80] நீக்கப்பெறு கின்றன. சிலவற்றில் உயிர் மின்னிகளில் நேரிடும் இந்தச் சடுதி மாற்றம் உயிரிக்கு இறப்பை விளைவிக்கின்றன; பிறப்பதற்கு முன்னே கூட இம்மரித்தல் நிகழ்ச்சி நடைபெற்று விடுகின்றது. இத்தகைய கொடிய சடுதி மாற்றங்கள் பிற்காலத்திய சந்ததிக்கு இறங்குவதில்லை.

1926–ல் எச். ஜே. முல்லர்[81] என்ற பேராசிரியர் ஒரு பழப் பூச்சியின் உயிர் மின்னிகள் புதிர்க்கதிர்களுக்கு உட்படுத்தப் பெற்றால் அவற்றிடம் நேரிடும் சடுதி மாற்றத்தின் விகிதத்தை அதிகரிக்கலாம் என்று கண்டார். இன்று நாம் அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சு எல்லா உயிர்ப்பொருள்களையும் பாதிக்கும் என்று சொல்லலாம். மிகவும் ஆற்றல் வாய்ந்த கதிர்வீச்சினால் உயிரணுவிலுள்ள உயிர் மின்னிகள் மூன்று விதத்தில் பாதிக்கப்பெறுகின்றன : (i) ஏதாவது புதியதொரு பொருளை உண்டாக்குகின்றன; இது நச்சுத்தன்மையுடையதாக இருக்கும். அன்றியும், விடுவிக்கப்பெற்ற அயனிகளையும் உண்டாக்குகின்றன. இவை பல்வேறு முறைகளில் சேர்ந்து உயிரிக்குக் கேடு பயக்கின்றன; (ii) உயிர் மின்னிகளைப் போன்ற கரிய உயிரணுத்திரளைகளைத் தாக்கி அவற்றிடமுள்ள வேதியல் இணைப்புக்களைச்சிதைக்கின்றன; இச்சிதைவு உயிர் மின்னிகளையே மாற்றுகின்றது; (iii) உயிரணுக்கோல்களையும் சிதைக்கின்றன; 20 அயனிகள் அவற்றை உடைக்கின்றன என்று அறிவியலறிஞர்கள் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சினால் உயிரணுக்கோல்கள் சிதைவுறினும், அவற்றின் முனைகள் மீண்டும் ஒன்று சேர்ந்து பழைய நிலையினை அடையவே முயல்கின்றன. எனினும், பலதடவை சிதைவு நேரிட்டால், இத்துணுக்குகள் புதிய முறையில் இணைந்து நிலைமாறிய தோற்றங்களை[82] உண்டாக்குகின்றன. இத்தோற்றங்கள் குடிவழியைப் பாதிக்கச்

[80] இயற்கைத் தேர்தல் – natural selection. [81] எச். ஜே. முல்லர் - H. J. Muller. [82] நிலைமாறிய தோற்றம் – aberration or translocation.

செய்கின்றன. இவ்விவரங்களை அறிந்த அறிவியலறிஞர்கள் அவற்றைத் தம் ஆராய்ச்சிகளில் பயன்படுத்திக் கொள்ளுகின்றனர். அமெரிக்காவில் தாவரங்களிலும், பிராணிகளிடமும், மனிதர்களிடமும் இக்குடிவழிப் பண்பு கதிர்வீச்சினால் எவ்வாறு மாறுதல் அடைகின்றது என்பதைத் தீவிரமாக ஆராய்ந்து வருகின்றனர்.

உளவு காட்டும் வழி - துலக்கி ஆராய்ச்சி: கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப்பற்றி முன்னர்க் கண்டோமல்லவா? அவற்றின் துணைகொண்டு உடலின் பல்வேறு அமைப்புக்களைப்பற்றி அறிந்துகொள்ள முடிகின்றது. ஓரிடத்தான்களிடம் துப்பறியும் பண்புகள்[83] அமைந்துள்ளன. இப் பண்புகள் அவற்றை வழி-துலக்கிகளாகப் பயன்படுத்த உதவுகின்றன. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் இடைவிடாது கதிர்களை வெளிவிட்டுத் தம் இருப்பிடத்தைப் புலப்படுத்தும். கைகர் எண்-கருவிகொண்டு இவற்றை அறிந்துகொள்ளலாம். இந்த வழி-துலக்கி ஆராய்ச்சி ஆராய்ச்சியுலகில் புதிய திருப்பத்தை உண்டாக்கியிருக்கின்றது. நுண்ணணுப்பெருக்கி, தொலை நோக்கி, வானொலிப் பெட்டி போன்றவைகள் மனிதனின் பொறியுணர்வைப் பெருக்கி ஆராய்ச்சிக்குத் துணை நிற்பது போலவே, இம்முறையும் பெரிதும் பயன்படுகின்றது.

நம்முடைய உடல் செயற்படுங்கால் பல்வேறு பொருள்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. பிசிதங்கள் என்பவை ஒரு வகை; நம் உடலில் அமினோ அமிலங்களிலிருந்து உற்பத்தியாகும் மிகச் சிக்கலான அணுத்திரளைகளைக் கொண்டவை. உயிரணுக்களில் நடைபெறும் கிரியைகளில் கடுவினையாக்கிகளா[84]கிய நுரைப்புளியங்களும் ஹார்மோன்களும்கூட பிசிதங்களே; இப்பிசிதங்கள் விட்டமின் சத்துக்களைச் சேர்த்துப் பயன்படும் சேர்க்கைப் பொருள்களாக்கத் தேவைப்படுகின்றன. கார்ப்போஹைட்ரேட்டுகள்[85] என்

[83] துப்பறியும் பண்புகள் - detective qualities. [84] கடுவினையாக்கி - catalyst. [85] கார்போஹைட்ரேட்டு - carbohydrate.

பவை உடலுக்குத் தேவையான மற்றொருவகைப் பொருள் கள்; இவை இன்றியமையாத எரியைகளாகப் பயன்படு கின்றன. இவை எரிந்து ஆற்றலை உண்டாக்குகின்றன; இவ் வாற்றல் உயிர் வாழ்வதற்கு அவசியம். அன்றியும், அப் பொருள்கள் உடல் அமைப்பிற்கும் தேவைப்படுகின்றன. லிபிட்டுகள்[86] என்பவை பிறிதொருவகைப் பொருள்கள்; இவை கொழுப்பும் கொழுப்புபோன்ற பொருள்களுமாம். இவையும் ஆற்றல் மூலமாக இருப்பதுடன், புத்துயிர் பெறவும் பயன்படுகின்றன; இன்னும் இவை ஹார்மோன் களின் இயைபுப் பொருளாகவும் உள்ளன. நியூக்ளிக் அமிலங்கள்[87] என்பவையும் உடலின் கட்டடச் செங்கல் களே. அவற்றின் அமைப்பு இன்னும் தெளிவாக அறியக் கூடவில்லை; அவை இன்னவை என்று வரையறுக்கப் பெறவும் இல்லை. ஆயினும், அவை பிசிதத்துடன் சார்பு படுத்தப் பெற்றுள்ளன. இந்த அமிலங்கள் நியூக்ளியோ பிசிதங்கள்[88] எனப்படும் மிகப் பெரிய அணுத்திரளைகளைக் கொண்டவை. இந்த நியூக்ளியோ பிசிதங்கள்தாம் உயி ரணுக்களின் உள்ளணுக்களாம். இவற்றைத் தவிர, வேறு முக்கிய பொருள்களும் உள. அவை பொட்டாசியம், சோடி யம், கால்சியம் போன்றவையடங்கிய மின்னேற்பகு திரவங் களும் பல்வேறு குருதியின் இயைபுப் பொருள்களுமாகும்.

இப்பொருள்களின் பண்புகளைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டுமாயின் அவை என்ன என்பதைத் திட்டமாக வரையறுக்கப் பெறல் வேண்டும். நோய்களும் கதிரியக்க மும் அப்பொருள்கள் சிலவற்றைச் சிதையச் செய்கின்றன; சிலவற்றை வேறு பொருள்களாக மாற்றுகின்றன; இன்னும் சிலவற்றை இயங்கா நிலைக்குக் கொண்டுவந்து விடுகின்றன. எனவே, லிபிட்டுகள், பிசிதங்கள், நியூக்ளிக் அமிலங்கள், மின்னேற்பகு திரவங்கள், நுரைப்புளியங்கள், ஹார்மோன்கள் ஆகியவற்றின் அடிப்படை அமைப்பையும் செயல்களையும் திட்டமாக வரையறுத்தாலன்றி அவற்றிற்குநேரும் ஊறுகளை

[86] லிபிட் - lipid. [87] நியூக்ளிக் அமிலம் - nucleic acid.
[88] நியூக்ளியோ பிசிதங்கள் - nucleo proteins.

அறிந்துகொள்ளுதல் இயலாது. வழி-துலக்கி ஆராய்ச்சி இதற்குப் பெருந்துணை புரிகின்றது.

மேற்கூறிய பிரச்சினைகளை அறிவதற்குக் குருதி ஆராய்ச்சி பயன்படுகின்றது. குருதியில் பிளாஸ்மா, உயிரணுக்கள் அடங்கியுள்ளன. குருதிதான் வேதியற்பொருள்களையும் உயிரியத்தையும் உடலெங்கும் கொண்டு செல்லும் சாதனம். குருதி எளிதாகப் பெறக்கூடிய பொருளாதலால் அது ஆராய்ச்சிப் பொருளாகவும் பயன்படுகின்றது. அயச்சத்தும் துத்தநாகச் சத்தும் குருதியிலுள்ள வெள்ளையணுக்கள், சிவப்பு அணுக்கள் ஆகியவற்றின் வளர்சிதை மாற்றத்தில்[89] பங்குகொள்ளுகின்றன. இந்த இலவலேச உலோகங்களின்[90] செயலைக்கண்டறிந்து குருதிச்சோகை, லூக்கேமியா[91] என்ற நோய்களைப்பற்றிய உண்மைகளைத் தெரிந்துகொள்ள முடிகின்றது. கதிரியக்க அயமும் கதிரியக்கத் துத்தநாகமும் இதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. கதிரியக்க அயம் செலுத்தப்பெற்ற உடலிலிருந்து குருதியை எடுத்து ஆராய்ந்தனர். அயச்சத்தின் ஒரு சிறிய பகுதியையே உடல் நாள்தோறும் இழந்துவருகிறது என்றும், குருதியிலுள்ள சிவப்பு அணுக்களின் சிதைவினால் 90 அல்லது 95 சதவிகிதம் அயச்சத்து கழிவுப் பொருள்களாக உடலிலேயே தங்கி மீண்டும் அவை புதிய சிவப்பு அணுக்களாகப் பயன்படுகின்றன என்றும் அறிந்தனர். (படம்—31). எனவே, அடிக்கடி குருதியை வழங்கும் குருதிக் கொடையாளிகள் உடலில் அயச்சத்து குறையாது பாதுகாத்துக் கொள்ளவேண்டும். இன்னும், எலும்பு மச்சையிலுள்ள சிவப்பு அணுக்கள் சிலநாட்கள் வரையிலும் அயச்சத்தை ஏற்றுக்கொள்ளுகின்றன என்றும், நன்ருகப் பக்குவமடைந்த சிவப்பு அணுக்கள் அதனை ஏற்பதில்லை என்றும் சோதனைகளால் கண்டறிந்துள்ளனர். இவ்வாறே கதிரியக்கத் துத்தநாகத்தை உடலில் செலுத்தி லூக்கேமியா என்ற நோயின் தன்மையை அறிந்தனர். லூக்கேமியா நோயால் பீடிக்கப்பெற்ற வெள்ளையணுக்களில் துத்தநாகச் சத்து குறைவாக இருக்கின்றது.

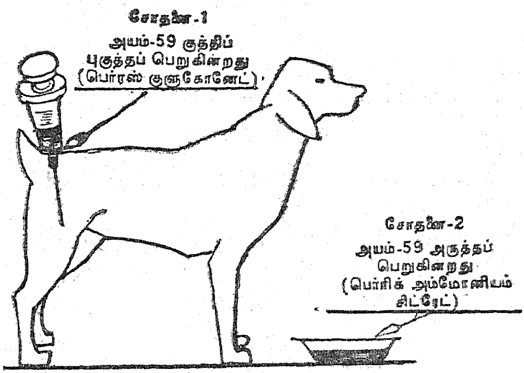
---

[89] வளர்சிதைமாற்றம் - metabolism. [90] இலவலேச உலோகங்கள் - trace metals. [91] லூக்கேமியா - leukamia.

ஹார்வார்டு மருத்துவ நிலையத்தில் செய்யப்பெற்ற ஆராய்ச்சியால் குரோமியம் உடலின் பல இழையங்களிலும் புகுகிறது என்றும், அது சில நிமிடங்களில் குருதியணுக்

கதிரியக்க அயம்-59

(உடல் அயத்தைப் பயன்படுத்துவதை ஆராய்வது)



படம்—31

இச்சோதனையால் அறியப்பெறுபவை: (i) தேவையுள்ள பொழுது அயம் உறிஞ்சப் பெறுகின்றது. (ii) ஒரு சிறு பகுதி அயமே உடலுக்குத் தேவைப் படுகிறது. (iii) பெரும்பாலும் அயம் கல்லீரலிலும் மண்ணீரலிலும் சேமித்து வைக்கப் பெறுகின்றது. (iv) பெரும்பாலும் பழைய சிவப்பு அணுக்களிலிருந்தே புதிய சிவப்பு அணுக்கள் உண்டாக்கப்பெறுகின்றன.

களைத் துளைத்துச் சென்று நிரந்தரமாக அங்கேயே தங்கி விடுகிறது என்றும் கண்டறிந்துள்ளனர். உடலிலுள்ள எந்த உயிரணுக்களில் எப்பகுதியில் அது நுழைகிறது என்பது ஆராயப்பெற்று வருகின்றது. இன்னும், நரம்புகளில் கால்சியத்தின் வேலை என்ன என்பதையும், இன்சுலின் உண்டாவதில் துத்தநாகம் எவ்வாறு பங்கு பெறுகின்றது என்பதையும் ஆராய்ந்து வருகின்றனர்.

குருதியிலுள்ள பிசிதங்கள் குருதியுறைவதற்குத் துணை புரிகின்றன; குருதி நிறமியின்[92] ஒரு பகுதியாக அமைகின்றன; குருதிக் குழலில் குருதியை ஏற்கத் துணைபுரிகின்றன; தொத்து நோய்களைத் தடுத்து நிறுத்தவும் செய்கின்றன. ரோசெஸ்டர் பல்கலைக் கழகத்தில்[93] லைசின்[94] என்ற அமினோ அமிலத்தில் கதிரியக்கக் கார்பனைக் கலந்து ஆராயப்பெறுகின்றது. லைசின் உடல் வளர்ச்சிக்கு இன்றியமையாத பொருள். அது இந்தக் குறியிட்ட லைசினைத்[95] தொடர்ந்து சென்று, உடலில் வேறு அமினோ அமிலங்களை உற்பத்தி செய்யும் குருதிப் பிளாஸ்மாவின் பிற பிசிதங்களை உண்டாக்கவும், சிவப்பு அணுக்களை உற்பத்திசெய்யவும் துணைசெய்கின்றது என்பதை அறிந்தனர்.

தாது உப்புக்கள் கலந்த மின்னாற்பகுபொருள்கள் எனப் படுபவை உடற் சுகாதாரத்திற்கும் உடலில் நடைபெறும் பல்வேறு கிரியைகளுக்கும் மிகவும் இன்றியமையாதவை. பெரும்பாலும் அவை கடுங்காயங்களாலும், சத்திர சிகிச்சையாலும், தொற்றுநோய் தாக்கப்பெறுதலாலும் இழக்கப்பெறுகின்றன. அண்மையில் வயிற்றுக்கடுப்பு[96] நோயினால் பல குழந்தைகள் இறந்ததற்குக் காரணம் அவர்கள் உடலில் பொட்டாசியம் உப்புச்சத்துக் குறைந்தமையே என்று கண்டறிந்தனர். கதிர்வீச்சினால் பாதிக்கப் பெற்றவர்களிடமும் பொட்டாசியம் குறைகிறது என்றும் கண்டறியப் பெற்றுள்ளது. இத்துறை ஆராய்ச்சியில் கதிரியக்கப் பொட்டாசியமும் சோடியமும் பயன்படுகின்றன.

இதுகாறும் பிசிதங்களின் வளர்ச்சியை உயிர்ப்பொருள்களிடமே உற்று நோக்கினர். இப்பொழுது இதனைச் சில கண்ணாடிப் பாத்திரங்களில் வைத்து வெளியே நடைபெறவும் செய்கின்றனர். குழிமுயலின் எலும்பு மச்சையணுக்கள், எலியின் உதரவிதானம், கினியா பன்றியின் கல்லீரல் ஆகியவை இதற்குப் பயன்படுகின்றன. இந்த மூன்று இழை

[92] குருதிநிறமி - haemoglobin. [93] ரோசெஸ்டர் பல்கலைக் கழகம்-University of Rochester. [94] லைசின்–lysine. [95] குறியிட்ட லைசின்-labelled lysine. [96] வயிற்றுக்கடுப்பு-diarrhea

யங்களும் பல்வேறு அமினோ அமிலங்களைப் பயன்படுத்து கின்றன. அவற்றுள் கிளிசைன்,[97] லூசைன்,[98] லைசைன்[99] என்பவை முக்கியமானவை. இந்த மூன்றிலும் கதிரியக்கக் கார்பனை இணைத்துவிட்டால், பிசித அணுத்திரள்கள் மூன் றிடங்களில் உண்டாவதை அறியலாம். இதனால் அமினோ அமிலங்கள்[100] பிசிதத்தில் எவ்வாறு அமைகின்றன என்ப தைத் தெளிவாக அறிந்துகொள்ள முடியும். இந்தக் கிரியை கள் உடலில் நடைபெறுவதைப்போல் வெளியிலும் நடை பெறச்செய்து ஆராயப்பெறுகின்றன. இதற்கு வேண்டிய ஆற்றல் உணவுப்பொருள்கள் எரிவதிலிருந்து கிடைக்கச் செய்தல் வேண்டும். இத்துறையில் ஆராய்ந்தவர்கள் உடலி லுள்ள அணுத்திரள்கள் பல்வேறு முறைகளில் பங்கு கொள்ளுகின்றன என்பதைக் கண்டறிந்துள்ளனர். ஒரு வகை அணுத்திரள்கள் பொறியாக இயங்குகின்றன; மற் றொருவகை பொறியை இயக்கத் துணைசெய்கின்றன.

லைசைன் எவ்வாறு சிதைகிறது என்பதைத் தெளிவாக ஒவ்வொரு படியையும் காண முடிகிறது. முதற்படியில் இதுகாறும் கண்டறியப்பெறாத அமினோ அடிபிக் அமிலம்[100] என்ற அமிலம் உண்டாகிறது. அன்றியும், ஆய்வாளர்கள் எல்லாப் பிராணிகளின் கல்லீரலிலும் பெப்டைடு என்ற பிசிதத்தின் கீழ்நிலை அலகு[101] இருப்பதாகக் கண்டறிந் துள்ளனர். இது எல்லா அமினோ அமிலங்களையும் கொண் டுள்ளது; இணைக்கப்பெறும் அமிலங்களையும் விரைவில் ஏற்றுக்கொள்ளுகிறது. இந்தப் பிசித உறுப்பு பிராணிகளின் பிசித உணவுகளின் பெரும் பகுதியாகும். கதிரியக்கக் கார்பனைக் கொண்டு கார்போஹைட்ரேட்டுகள்-அமினோ அமிலங்களின் உறவு முறைகளையும் அறிய முற்பட்டிருக்கின் றனர். லிபிட்டுகள், நியூக்ளிக் அமிலங்கள் ஆகியவற்றின் தன்மைகளும் இவ்வாறே ஆராயப்பெறுகின்றன.

---

[97] கிளிசைன்-glycine. [98] லூசைன்-leucine. [99] லைசைன்-lysine. [100] அமினோ அடிபிக் அமிலம் - amino adipic acid. [101] கீழ்நிலை-அலகு - sub-unit.

நமது உடலில் பல வேதியல் விளைவுகள் நிகழ்கின்றன. மிகச் சிறிய அளவிலுள்ள பல தனிமங்கள் பல முக்கிய விளைவுகளில் பங்கு கொள்ளுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாகக் கரியைக் கூறலாம். நமது உடலில் கரி பல வேதியற் கிரியைகளிலும் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றது. உயிரணுக் களில் கரி இன்றியமையாத பொருளாகவுள்ளது. நமது உணவிலும், உடலிலிருந்து அகற்றப்பெறும் கழிவுப் பொருள் களிலும் கரி உள்ளது. ஆகையால், கரியைக் கதிரியக்க முடையதாகச் செய்து அதை உடலில் செலுத்திப் பல உண்மைகளை அறியலாம். இன்சுலின் நீரிழிவு நோயைக் கட்டுப்படுத்துகிறது என்பதை நாம் அறிவோம். ஒருவர் உடலில் இன்சுலின் குறைவாகச் சுரந்தால் அவர் உடல் சருக்கரையைச் சரியாகப் பயன்படுத்த முடியாது. ஹார்வார்டு என்னும் இடத்திலுள்ள மருத்துவ ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் கதிரியக்கமுள்ள கரியமிலவாயு மண்டலத்தில் மொச்சைச் செடியை வளர்த்துக் கதிரியக்கமுள்ள சருக்கரை யைத் தயாரித்தனர். இந்தச் சருக்கரையை இன்சுலி னுடன் சேர்த்து அவற்றை நீரிழிவு நோயால் பீடிக்கப்பெற் றிருக்கும் எலிகள் உடலில் செலுத்திப் பல உண்மைகளைக் கண்டறிந்தனர். இன்சுலின் கிளைகோஜன் உற்பத்தித் திறனைப் பெருக்குகிறது என்றும், சருக்கரையை எரிப்பதற் கும் அது பயன்படுகிறது என்பதையும் அறிந்தனர்.

இவ்வாறு நமது உடலில் நடைபெறும் பல நுட்பமான வேதியற் கிரியைகள் நுணுக்கமாக ஆராயப்பெறுகின்றன. இன்று அறிவியல் ஆராய்ச்சியில் வழங்கும் பல முக்கிய முறைகளில் வழி-துலக்கியறியும் முறையும் ஒன்றாகத் திகழ் கின்றது.

12. மருத்துவத்துறையில் அணு

வரலாற்று அறிவு : வரலாற்றை எவன் ஒருவன் உதாசீனம் செய்கின்ருனே அவன் திரும்பவும் அவ்வரலாற்றுப் பாதையில் செல்லவேண்டியவனுகின்ருன் என்று ஒரு தத்துவ அறிஞர் கூறியுள்ளார். அறிவியல் துறையில் புதிய கண்டுபிடிப்புக்களின் வரலாற்றில் இதனை விளக்கப் பல படிப்பினைகள்[1] உள்ளன. வரலாற்றறிவே இல்லாதிருந்தால் சில கண்டுபிடிப்புக்களில் மனிதன் 'செய்துபிசகி-அறிமுறைகளில்'[2] பெற்ற அனுபவங்களையும் தொல்லைகளையும் மீண்டும் பெற வேண்டியவனுகின்ருன். பிற கண்டுபிடிப்புக்களைப் பற்றிய வரலாற்றறிவு நன்கு பெற்றிருந்தால் முன்ஞேர் அனுபவித்த தொல்லைகளை யெல்லாம் புதிய கண்டுபிடிப்புக்களில் ஈடுபடுவோர் அனுபவிக்க வேண்டியதில்லை. புதிய கண்டுபிடிப்புக்களுக்குக் கொண்டுசெலுத்தும் எந்தச் செயலிலும் ஆபத்து நேரிடக்கூடும் என்ற உண்மையை எளிதாகப் புறக்கணிக்க முடியாது. ஆராய்ச்சியில் செய்யப் பெறும் சோதனைகளால் புதிய பொருள்கள் உண்டாக்கப் பெறுதல் கூடும்; அல்லது, தீவிரமான விளைவுகளை உண்

---

[1] படிப்பினைகள் - lessons. [2] செய்து-பிசகி-அறிமுறை- trial-and-error method.

டாக்கவல்ல ஆற்றல்களை கட்டவிழ்த்துவிடச் செய்தலும் கூடும். இவை உயிருள்ள இழையங்களை[3]ப் பாதிக்கச்செய்யும். எனவே, சிந்தனையற்ற விடுப்பின்[4] காரணமாகவோ அல்லது ஆழ்ந்த சிந்தனையில் விளைந்த பொழுதுபோக்குச் செயலாகவோ[5] இப்பொருள்களின் பண்புகளை அறியும் ஆராய்ச்சியை மேற்கொள்ளலாகாது. அந்த ஆராய்ச்சி மிக அவசியமாக மேற்கொள்ள வேண்டியதொன்று. இதில் மேம்போக்கான கவனத்துடனே, அல்லது சிறிதும் கவனமற்ருே இருத்தல் ஆகாது. அறியாமையின் காரணமாகவோ அன்றி மேம்போக்காகக் கையாண்டதனுலோ புதிர்க் கதிர்களும் ரேடியமும் விளைவித்த சகிக்கமுடியாத அழற்புண்கள்[6] என்றும் பதிவேட்டில் மங்கலான எச்சரிக்கையாக[7] நின்று நிலவுகின்றன. அறிவியலாராய்ச்சி நாம் எண்ணிப் பார்க்கவும் இயலாத அளவு நன்மைகளை உண்டாக்கும் வாய்ப்புக்களைத் தரினும், அதே அளவு எதிர்பார்க்க முடியாத விபத்துக்களைத் தடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் என்ற கடமைகளையும் கொண்டுதானிருக்கின்றன. தீயினைக் கண்டறிந்த மனிதன் தொடக்கத்திலிருந்து இன்றுவரை அதனைப் பயனுள்ள முறையிலும் தீங்குகளை அகற்றக் கூடியவாறும் கையாளுவதற்கு நீண்டதொரு பயிற்சியினைப் பெற்று வருவது போலவே, அணுவாற்றலை மக்கள் நலனுக்காகக் கையாளும் பொழுதும் நெடுநாள் பயிற்சி பெற்றுதான் ஆக வேண்டும். இவ்வாறு பெறவேண்டிய பயிற்சிக்கு ஒரு முடிவும் இராது என்றுகூடச் சொல்லலாம். அதுவும் உயிரியல் துறையிலும் மருத்துவத் துறையிலும் அணுவாற்றலைக் கையாளுங்கால் மிகவும் விழிப்பாகவே இருத்தல் வேண்டும். இந்த இரண்டு துறைகளிலும் பெருநன்மைகள் உண்டாகும் வாய்ப்புக்களும் உண்டு; உயிருக்கே ஊறு விளைவிக்கக் கூடிய சந்தர்ப்பங்களும் ஏற்படலாம்.

---

[3] இழையங்கள் – tissues. [4] சிந்தனையற்ற விடுப்பு – idle curiosity. [5] ஆழ்ந்த சிந்தனையில் விளைந்த பொழுதுபோக்குச்செயல்-speculative diversion. [6] சகிக்கமுடியாத அழற் புண்கள் – appalling burns. [7] மங்கலான எச்சரிக்கை – sombre warning.

இன்னொரு அனுபவம்: அறிவியல் துறையில் இன்னொரு அனுபவமும் உண்டு. ஒரு பொருள் புதிதாகக் கண்டறியப் பெற்றதிலிருந்து அது வாழ்க்கையில் பயன்படுவதற்கு நீண்ட காலம் ஆகிறது. சில சமயம் நூற்றுண்டுகளும் கழிகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக சல்பூரிக் ஈதர்[8] என்ற திரவப் பொருள் வேலரியஸ் கார்டஸ்[9] என்பவரால் 1540-ல் முதன் முதலாகக் கண்டறியப்பெற்றது. சுமார் 300 ஆண்டுகட்குமேல் சாதாரணமான ஒரு வேதியற் பொருளாகவே அது பயனற்றுக்கிடந்தது. அது விபத்துக்களை விளைவிக்கக் கூடியவாறு எளிதில் தீப்பற்றக் கூடியது; பள்ளி மாணுக்கர்கள் மட்டிலும் விளையாட்டாக அதனைப் போதை தரும் பொருளாகப்[10] பயன்படுத்தி வந்தனர். கிரா போர்ட் லாங்[11] என்பாரும் டபிள்யூ. டி. ஜி. மார்ட்டன்[12] என்பாரும் 1842-44-ஆம் ஆண்டுகளில் அது மருத்துவத் துறையில் வியத்தகு மயக்க மருந்தாகப் பயன்படுவதை அறிந்தனர். அந்தோ! பரிதாபம்! ஈதரை மனித நலனுக்குப் பயன் படுத்தும் முறைகளை ஆராய்ந்து கண்டறியாததால் அநாவசியமாக விளைந்த மொத்த வலியைக் கணக்கிட்டுப் பாருங்கள். 300 ஆண்டு காலமாக எத்தனைபேர் எவ்வளவு வலியையும் தொல்லைகளையும் அனுபவித்து வந்தனர்!

ராண்ட்ஜன் என்பார் கி. பி. 1895-ல் புதிர்க்கதிர்களைக் கண்டறிந்தார். வெகு விரைவில் அக் கண்டுபிடிப்பு மனித நலனுக்குப் பயன்பட்டது. எலும்பு முறிவின் இருப்பிடத்தை அறிந்து கொள்ளவும், முறிந்த எலும்புகளைத் தக்க முறையில் பொருத்தவும் அது பயன்படுத்தப்பட்டது. 1902-ல் கானன்[13] என்பார் சோதனைப் பிராணிகளை[14] பேரியம் விழுங்கச் செய்து அதன்பிறகு புகைப் படங்களை எடுத்தார். அவற்றை

[8] சல்பூரிக் ஈதர் - sulphuric ether. [9] வேலரியஸ் கார்டஸ் - Valerius Cordus. [10] போதை தரும்பொருள் - intoxicant. [11] கிராபோர்ட் லாங் - Crawford Long. [12] டபுள்யூ. டி. ஜி. மார்ட்டன்-W. T. G. Morton. [13] கானன்-Cannon. [14] சோதனைப்பிராணிகள் - experimental animals.

ஆராய்ந்து தீவிர உணர்ச்சிகளால் இரைப்பையிலும்[15] குடல்களிலும்[16] நேரிடும் விளைவுகளை திட்டப்படுத்தி யுரைத்தார். இவ்வாறு அவர் நீண்ட நாட்களாக பௌதிகத் துறை எதிர்பார்த்திருந்த உள-உடல் மருந்துக்களைக்[17] கண்டறிவதில் அடிப்படைகளில் ஒன்றினை நிறுவினார். இன்னும் சில ஆண்டுகளில் வன்மைப் புதிர்க்கதிர்களைப்[18] பிளவை[19] களிலும் மென்மைப் புதிர்க் கதிர்களை[20] சருமத்திலும் உரோமத்திலும் பயன்படுத்தும் முறைகள் கண்டறியப் பெற்றன. ராண்ட்ஜனே அவர் காலத்திருந்த பிற அறிவியலறிஞர்களோ கனவிலும் காணாத புதுமைகள் பிற்காலத்தில் புலனாயின. இவ்வாறு ஒரு புதிய பொருளின் பயன்கள் வித்தினுள்புறத்தே புலனாகாது உறங்கிக் கிடக்கும் நுண்ணியதாவரங்கள்போல் அடங்கிக்கிடந்தாலும்,அவை எதிர்காலத்தில் நிறைந்த பலனை அளிக்கக்கூடும். வித்திலுறையும் செடிகளைப்பற்றி முன்னதாக ஒன்றும் கூற இயலாவிடினும், அது எதிர் காலத்தில் பெரிய மரமாக மாறுவது உறுதி என்பதை எவரும்அறிவர். அதுபோலவே புதிய கண்டு பிடிப்புக்களின் விளைவாக வெளிப்பட்டபொருள்கள் நிறைந்த பலனை அளிக்கும் என்பது உறுதி. மனித நலனுக்கும் பயன்படுத்தும் முறையில் ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடத்தினால் இப்பயன் விரைவில் கிட்டக்கூடும். பண்படாப் பெட்ரோலியத்திலிருந்து[21] மண்ணெண்ணெயை[22] வடித்தெடுத்தலில் உடன்-விளைவுப் பொருளாகக் கிடைத்த கேஸோலினின் கதையும் இப்படித்தான். முதலில் விலை மதிப்பற்றதாகவும் விபத்துக்களை விளைவிக்கும் பொருள் என்றும் கருதப்பெற்ற கேஸோலின்[23] என்ஜின்களில் பயன்படுத்தப்பெற்றவுடன் தன் ஒப்பற்ற உபயோகத்தை வெளிப்படுத்தியது. இதுதான் உள்ளெரி பொறிகளின்[24] வளர்ச்சிக்கு வழிகாட்டியது. இன்று உள்

---

[15] இரைப்பை-stomach. [16] குடல்கள் intestines. [17] உள-உடல் மருந்துக்கள் - psychosomatic medicines. [18] வன்மைப் புதிர்க் கதிர்கள்-hard x-rays. [19] பிளவை - tumour. [20] மென்மைப் புதிர்க்கதிர்கள்-soft x-rays. [21] பண்படாப் பெட்ரோலியம் - crude petroleum. [22] மண்ணெண்ணெய்-kerosene. [23] கேஸோலின் - gasoline. [24] உள்ளெரி பொறி - internal compustion engine.

ளெமிங் பொறிகள் எவ்வெவ்வாறெல்லாம் பயன்படுகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். எனினும், உற்சாகமாகவும் விழிப்பாகவும் ஆராய்ச்சிகளை நடத்தினுல் ஒரு பொருளைக் கண்டுபிடிக்கும் காலத்திற்கும் அது பயன்படும் காலத்திற்கும் உள்ள இடைவெளியைக் குறைத்து விடலாம். பிளெமிங்[25] என்பார் ஒரு பூஞ்சக் காளானின்[26] எதிர்-உயிர் விளைவுகளைக்[27] கண்டறிந்ததற்கும் கணிசமான அளவுகளில் பென்சிலின் உற்பத்தி செய்யப் பெற்றதற்கும் இடையே 14 ஆண்டுகள் தாம் கடந்திருக்கின்றன. இன்று மானிட மருத்துவத்தில்[28] பென்சிலின் பயனை நாம் நன்கு அறிவோம்.

கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் : நவீன மருத்துவத்தில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்தத் தொடங்கி யிருக்கின்றனர். நாள்தோறும் இத்துறையில் பல்வேறு புதிய புதிய முறைகள் கண்டறியப்பெற்று வருகின்றன. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் மானிட உலகத்தைத் தாக்கிவரும் நோய்களை விடாது போரிட்டுத் தடுப்பதற்குப் பயன்படும் ஆற்றல் வாய்ந்த ஆயுதங்களாகப் பயன்படுகின்றன; சிறப்பாக அவை பயங்கரமான புற்றுநோயைத் தீர்ப்பதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

புற்று நோய் : புற்று நோய்[29] என்பது கட்டுப்பாடில்லாமல் ஒழுங்கற்று வளரும் உடலின் உயிரணுக்களால் ஏற்படும் ஒருவித நோயாகும். இந்நோய் உலகின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் உயிர்களை ஏராளமாகக் கொள்ளை கொண்டு வருகிறது. இது எல்லாவகை உயிர்களையும் தாக்கிக் குலைக்கும் ஒரு கொடுமையான நோய். தாவர இனங்களும் இதற்கு விலக்கு இல்லை. மனிதர்களை இது எல்லா ஆண்டுப் பருவங்களிலும் தாக்குகிறது. ஆயினும், 40க்கும் 50க்கும் இடைப்பட்ட வயதுள்ளவர்கள் தாம் பெரும்பாலும் இந்நோயால் அதிகமாகத் தாக்கப்பெறுகின்றனர் என்று கூறப்பெறுகின்றது. புற்று நோயில் ஏதோ ஒரு காரணத்தால் உடலின்

[25] பிளெமிங்-Fleming. [26] பூஞ்சக்காளான் - mould. [27] எதிர் - உயிர் விளைவுகள் - antibiotic effects. [28] மானிட மருத்துவம் - human therapy. [29] புற்றுநோய் - cancer.

ஒரு பகுதியிலுள்ள உயிரணுக்கள் மட்டிலும் கட்டுக் கடங்காமல் பெருகி விடுகின்றன. இதனால் அப்பகுதியில் ஆருத புண்தோன்றி நோயாளியை உயிருடன் கொல்லும் நிலைமை ஏற்படுகின்றது. உயிரணுக்களின் வளர்ச்சியைத் தடுத்து அவற்றை அழிக்கும் தன்மை வாய்ந்த கதிரியக்கக் கதிர்கள் புற்று நோய் அணுக்களை அழிக்கப் பயன்படுகின்றன. புற்று நோயை விளைக்கும் காரணத்தைக் கண்டறியவும், அதற்கேற்ற சிகிச்சையைத் தெரிந்துகொள்ளவும் ஆண்டுதோறும் அமெரிக்காவில் கோடிக்கணக்கான டாலர் செலவழிக்கப் பெறுகின்றது. ஆயிரக்கணக்கான மக்கள் - ஆடவரும் மகளிரும் - தங்கள் முழுநேரத்தையும் இதில் பயன்படுத்திப் பாடுபடுகின்றனர்.

புற்றுநோயை ஒழிப்பதற்கு முதன் முதலில் புதிர்க் கதிர்களைப் பயன்படுத்தினர். சில வகைப் புற்றுக்களில் இவை பயன்பட வழியில்லை. உடலின் ஆழத்தில் மறைந்திருந்து கொல்லும் புற்றை இக்கதிர்கள் அடைய முடியாது. எனவே, இத்தகைய சமயங்களில் இக்கதிர்களைவிட வன்மைவாய்ந்த கதிரியக்கக் கதிர்களைக் கையாளுகின்றனர். உடலின் வெளிப்புறத்தே காணும் புற்றை அழிப்பதற்கு அதன் அருகே ரேடியம் வைக்கப்பெறுகின்றது. அந்த ரேடியம் உமிழும் கதிர்கள் புற்றிலுள்ள உயிரணுக்களைத் தாக்கி அவற்றை அழிக்கின்றன. உடலின் உட் புறமாகவுள்ள புற்றைக் கட்டுப்படுத்த மிகச் சிறிய அளவு ரேடியத்தைக் கொண்ட ஓர் ஊசி அப் பகுதியில் செருகி வைக்கப்பெறுகின்றது. அதிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள் புற்றை வேண்டிய அளவு தாக்கியபின் ஊசியை வெளியே அகற்றிவிடலாம். இவ்வாறு புற்றுநோயைக் குணப்படுத்தும் முறையைக் 'கதிரியக்கச் சிகிச்சை'[30] என்று வழங்குவர்.

இம்முறையில் தவிர்க்க முடியாத பெருங்குறை ஒன்று உண்டு. ரேடியத்திலிருந்துவரும் கதிர்களை அளவறிந்து கட்டுப்படுத்துவது இயலாததொன்று. ரேடிய மருத்துவர்[31]

[30] கதிரியக்கச்சிகிச்சை - radioactive treatment.

[31] ரேடிய மருத்துவர் - radiologist.

மிக விழிப்புடனிருந்து ரேடியம் உடலினுள் இருக்கவேண்டிய கால அளவை நிர்ணயித்து அதற்கேற்றவாறு கையாள வேண்டும். கவனக் குறைவாக இருந்தால் அக்கதிர்கள் அளவுக்குமீறி உடலிற் புகுந்து வேறு கோளாறுகளை விளைவித்துவிடும்; தலைவலி போய் திருகுவலி வந்த கதையாய் முடியும். ஆகவே, வேறு கதிரியக்கப் பொருள்களைப் பயன்படுத்திச் சிகிச்சை செய்யத் தலைப்பட்டனர். ரேடியம் சிதையும்பொழுது உண்டாகும் ரேடான்[32] என்ற சோம்பேறிக் கூட்டத்தைச் சேர்ந்த வாயுவைப் பயன்படுத்தினர். இவ்வாயுவும் கதிரியக்க இயல்புடையது; காற்றுடன் கலந்து நாம் விரும்புகிறவாறு இதனைப் பயன்படுத்தலாம். இதனால் வரம்புகடந்த சிகிச்சையைத் தவிர்த்துவிடலாம். ஆனால், முற்றிவிட்ட புற்றை இவ்வாயுவைக்கொண்டு கட்டுப்படுத்த இயலாது. எனவே, கதிரியக்கச் சிகிச்சை அண்மைக் காலம்வரையில் இக்குறைகளைக் கொண்ட மிக அரிதாகப் பயன்படும் சாதனமாக விளங்கியது. அன்றியும், ரேடியம் மிக விலையுயர்ந்த பொருளாதலாலும் அதனை எளிதாகக் கையாளுவது அனைவராலும் இயலாத தொன்றாதலாலும் அச்சிகிச்சை எங்கனும் பெருவழக்காகப் பரவ வழியேற்படவில்லை.

செயற்கைக் கதிரியக்கம் கண்டறியப்பெற்ற பிறகு இத்துறையில் வியத்தகு மாற்றம் ஏற்பட்டுவிட்டது. எல்லாத் தனிமங்களையும் கதிரியக்கப் பண்பு கொண்டவைகளாகச் செய்யும் முறைகள் கண்டறியப் பெற்றுவிட்டன. செயற்கை முறையில் உண்டாக்கப்பெறும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் அரை-வாழ்வு சில விநாடிகளிலிருந்து பல்லாயிர ஆண்டுகள்வரை அமைந்திருக்கின்றது. குறைந்த அரை - வாழ்வுடைய ஓரிடத்தான்கள் முதலில் தீவிரமான கதிரியக்கமுடையவையாயுள்ளன; ஒன்றிரண்டுமணி நேரத்தில் அதன் கதிரியக்கப் பண்பு பெரும்பாலும் இழக்கப்படுகின்றது. மூன்று நான்கு நாட்களுக்குப் பிறகு அதன் பெரும்பகுதி இல்லாது மறைந்தேவிடுகின்றது; எஞ்சியுள்ள மிகவும்

[32] ரேடான் - radon.

சிறிய அளவுபகுதி சில ஆண்டுகளில் மறைகின்றது. எனவே, இத்தகைய கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்தி நமக்குத் தேவையான அளவு கதிர்களைப் பெறலாம். இரண்டாம் உலகப் பெரும்போருக்குப் பிறகு இவ்வகை ஓரிடத்தான்கள் மருத்துவத்தில் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

இன்று புற்றுநோய் சிகிச்சையில் கதிரியக்கச் சோடியம்,[33] கோபால்ட்டு-60,[34] செசியம்-137[35] போன்ற பொருள்கள் பயன்படுகின்றன. கதிரியக்கச் சோடியத்தைப் புற்று நோய் உள்ள இடத்தில் வைத்துவிட்டால் அது விரைவான பீட்டா - கதிர்களை வெளிவிட்டுப் புற்றை அழிக்கின்றது; புற்றை விளைவிக்கும் கிருமிகள் மடிந்துவிடுகின்றன. இது விரைவில் தன் கதிரியக்க இயல்பை இழந்துவிடுவதால், இச்சிகிச்சை ரேடியத்தைப் போல் வரம்புகடந்து சென்று அபாயகரமான கோளாறுகளை விளைவிக்க வழியில்லை. கதிரியக்கச் சோடியத்தின் அரை-வாழ்வு பதினைந்து மணி நேரம்; ரேடியத்தின் அரை-வாழ்வு 1600 ஆண்டுகள் என்பது நமக்குத் தெரியும். ஆனால், இந்தச் செயற்கைப் பொருள் சம எடையுள்ள ரேடியத்தைவிட பத்து இலட்சம் மடங்கு அதிகக் கிளர்ச்சியுள்ளது என்று கணக்கிடப்பெற்றிருக்கின்றது. அன்றியும், சோடியத்திலிருந்து தோன்றும் மக்னீசியம் என்னும் தனிமமும் உடலில் எளிதில் கலந்து விடும். மக்னீசிய உப்பு உடலுக்குக் கெடுதி செய்வதில்லை. எனவே, சிகிச்சை முடிந்த பிறகு இதை உடலிலிருந்து வெளியே அகற்றவும் தேவையில்லை.

கோபால்ட்டு-60ஐ இச்சிகிச்சையில் பயன்படுத்தும் முறையை 1951-ல் கனடா நாட்டைச் சேர்ந்த அறிவியலறிஞர்கள் கண்டறிந்தனர். இதை அவர்கள் முதலில் கோபால்ட்டு 'குண்டு'[36] என்றே வழங்கினர். இப்பொருள் ரேடியத்தைப் போலவே மிக வன்மையுள்ள, ஆழ்ந்து துளைத்துச் செல்லவல்ல கதிர்களை வெளியிடவல்லது.

---

[33] சோடியம் - sodium. [34] கோபால்ட்டு - cobalt. [35] செசியம் - cesium. [36] கோபால்ட்டு 'குண்டு' - cobalt bomb.

இதனை முதலில் ஒண்டாரியோ[37] என்ற இடத்திலமைக்கப் பெற்றுள்ள மருத்துவ நிலையத்தில்[38] பயன்படுத்தினர். இது நன்மையையும் தீமையையும் விளைக்கவல்லதாதலின் இதனைப் பயன்படுத்தின கனடா நாட்டு நிபுணர்கள்[39] மிகப் பாதுகாப்பான முறைகளை மேற்கொண்டனர். அவர்கள் மூன்றரை டன் எடையுள்ள எஃகாலான குழல் ஒன்றை அமைத்து அதன் உட்புறத்தில் ஈயத் தகட்டைப் போர்த்தினர். ஒரு அவுன்ஸ் கோபால்ட்டு-60ஐ அதனுள் வைத்து 'குண்டினை'த் தயாரித்தனர்! குழலின் ஒருபக்கத்தில் அமைக்கப்பெற்றிருந்த மிகச் சிறிய திறப்பு வழியாக கதிரியக்கம் வெளிப்பட்டு நோயாளியை அடைகின்றது. அத்திறப்பின்மீது அமைக்கப்பெற்றுள்ள மூடி தொலைவிடத்திலுள்ள மின்னியக்கப் பொறியால்[40] இயக்கப்பெறுகின்றது. இவ்வமைப்பு நோயாளிக்கும் மருத்துவருக்கும் பாதுகாப்பு அளிக்கின்றது. ஒரு அவுன்சு கோபால்ட்டு-60ன் விலை 17,500 டாலர். அதே அளவு ஆற்றல்வாய்ந்த கதிர்களைத் தரவல்ல ரேடியத்தின் விலை 50,000,000 டாலர். இன்று புற்றுநோயுள்ள இழையங்களில் கதிரியக்கத்தை ஏற்படுத்துவதற்குக் கதிரியக்கக் கோபால்ட்டு-நைலான் கயிறும் கண்டறியப் பெற்றிருக்கின்றது. புற்றுநோயினால் பாதிக்கப்பட்ட பகுதிகளை மருத்துவர் சத்திர சிகிச்சைமூலம் அறுத்து நீக்கியபின், இத்தகைய நைலான் (nylon) நூல்களைக் கொண்டு இழையங்களைத் தைத்துவிடலாம். எஞ்சியுள்ள நோய்வாய்ப்பட்ட இழையங்களை இந்த நூலிலிருந்து வரும் கதிர்கள் அழித்துவிடும்.

கோபால்ட்டு–60ஐப் போலவே பயனளிக்கவல்லது மிக அண்மையில் கண்டறியப்பெற்ற செசியம்-137 என்பது. இது காமா-கதிர்களை வெளிவிடும் பக்குவிடும் பொருள்; நீண்ட அரை-வாழ்வைக் கொண்டது. இதுவும் புற்று நோய்ச் சிகிச்சையில் பயன்படுகின்றது. இது ஓக் ரிட்ஜ்[41]

[37] ஒண்டாரியோ–Ontario. [38] மருத்துவ நிலையம் - hospital. [39] நிபுணர்கள் – experts. [40] மின்னியக்கப்பொறி - electric motor. [41] ஓக் ரிட்ஜ் - Oak Ridge.

என்ற இடத்திலுள்ள அணுக்கரு ஆராய்ச்சி நிலையத்தி லுள்ள[42] மருத்துவப் பகுதியைச் சார்ந்தவர்களால் பயன் படுத்தப் பெறுகின்றது.

இன்று கதிரியக்கப் பொன்னும்[43] புற்றுநோய்ச் சிகிச் சைக்குப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. உடலின் குழிகளி லுள்ள புற்றுநோய் இழையங்கள் அடிக்கடி அதிகமான பாய்மங்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இந்தக்குழிகளில் கதிரியக்கப் பொன்னைக் குத்திப் புகுத்திவிட்டால் அது புற்றுநோய் அணுக்கள் வளராதிருக்கத் தடைசெய்கிறது; அன்றியும், குழியின் அணைச்சவ்விலுள்ள உயிரணுக்களின் சுரக்கும் செயலையும் குறைத்துவிடுகின்றது. உடலில் மிக ஆழத்தில் வளரும் கழலையைக் குணப்படுத்தக் கதிரியக்கப் பொன் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது.

தொண்டைக் கழலை நோய்[44]: நமது உடலின் பல பகுதி களில் தூம்பிலாச் சுரப்பிகள்[45] உள்ளன. இவற்றில் ஊறும் ஹார்மோன்கள்[46] என்ற வேதியச் சாறுகள் நமது உடலில் நிகழும் பலவித உயிரியல் விளைவுகளைக் கட்டுப்படுத்து கின்றன. நமது கண்டத்திலுள்ள சுரப்பியின் பெயர் 'தைராய்டு'[47] என்பது. இதனைப் புரிசைச் சுரப்பி என்றும் வழங்குவர். இது செயற்படுவதில் கோளாறு நிகழ்ந்தால் உடல்நலம் பல்வேறு விதங்களில் கெடும். இதில் அயோ டின்[48] என்ற வேதியற்பொருள் அதிகம் உள்ளது. இச்சுரப்பி யில் நேரிடும் கோளாற்றினைப் போக்க கதிரியக்க அயோடின் பயன்படுகின்றது. ஒருவருடைய புரிசைச் சுரப்பி மிகவும் சீர் கேடான நிலைக்கு உள்ளாகி இருப்பதாக வைத்துக்கொள் வோம். அவருக்கு அயோடின்–131 தரப்பெறுகின்றது; அது ஊசிமூலம் உடலினுள் புகுத்தப்பெறுகின்றது. உள்ளே சென்ற அயோடின் ஓரிடத்தான்கள் காக்கைக்கூட்டில் வாழும் குயில் குஞ்சுகளைப்போல் புரிசைச்சுரப்பியில்

---

[42] அணுக்கரு ஆராய்ச்சி நிலையம் - Institute of Nuclear Studies. [43] கதிரியக்கப் பொன்-radiogold. [44] கழலைநோய்-goitre' [45] தூம்பிலாச் சுரப்பிகள்–ductless glands [46] ஹார் மோன்கள்-hormones. [47] தைராய்டு - thyroid. [48] அயோ டின் - iodine.

செறிந்து திரளுகின்றன. அவை வீசும் பீட்டா - கதிர்கள் புரிசைச் சுரப்பியிலுள்ள சில இழையங்களை அழிக்கின்றன. அயோடினைப் பெற்ற மனிதனின் புரிசைச்சுரப்பி மட்டுக்கு மிஞ்சிய சுறுசுறுப்பு[49] உடையதாக இருக்கலாம். அதனை 'ஹைப்பர்-தைராய்டிஸம்'[50] என்று வழங்குவர். அந்நிலையில் தொண்டைப்புறம் வீங்கி கண்டத்தில் பெரிய கழலை உள்ளதுபோல் தோன்றும். கதிரியக்க அயோடின் வீசும் கதிர்களால் சில இழையங்கள் அழிவுற்றபிறகு அந்தச்சுரப்பியின் சுறுசுறுப்புக் குறைந்து சாதாரண நிலைக்கு வருகின்றது. தன் வேலை முடிந்ததும், கதிரியக்க அயோடின் பல்லைப் பிடுங்கின பாம்பைப்போல் தீங்குசெய்ய இயலாத நிலையை அடைந்துவிடுகின்றது. பிணி நீங்கின நோயாளியும் உடல் நலத்துடன் என்றும்போலவே வாழ்ந்துவருகின்ருன். இன்று கதிரியக்க அயோடின் வாய்வழி யேபானமாகவும் கொடுக்கப் பெறுகின்றது. இம்முறையில் அளிக்கப்பெற்ற சிகிச்சை 80 சத வீதமாக உள்ள நோயாளிகளுக்கு மிகவும் திருப்தி யளிக்கக்கூடிய முறையில் இருந்தது என்று 1948ல் மேயோ மருத்துவ ஆராய்ச்சி நிலையத்தைச்[51] சார்ந்த மருத்துவ நிபுணர்கள் கூறியுள்ளனர். புரிசைச் சுரப்பியில் தோன்றும் புற்று நோயைக் குணப்படுத்தக் கதிரியக்கச் சோடியம் ஓரளவு பயன்படுகின்றது. இவ்வுறுப்பில் தோன்றும் ஏனைய கோளாறுகளின் உண்மைகளைக் காணவும் இப் பொருள் பயன்படுகின்றது. மார்பில் ஏற்படும் அஞ்சிஞ பெக்டோரிஸ்[52] என்ற மிக்க வலிதரும் இதய நோயினுல் உண்டாகும் தாங்கமுடியாத வலியைத் தணிப்பதற்கும் மாரடைப்பு நோயினைக் குணப்படுத்தவும் கதிரியக்க அயோடின் ஓரிடத்தான் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. சிலவகை யான புற்றுநோய்களில் கழலைகளைப் போக்கவும், உடம்பின் குழிகளில் அதிக திரவம் தங்கும் நோயினுல் துன்புறுவோர் களின் வலியைக் குறைக்கவும் கதிரியக்கப் பொன் பயன்படு

[49] மட்டுக்குமிஞ்சிய சுறுசுறுப்புடைய - overactive.

[50] ஹைப்பர் தைராய்டிஸம் - hyper thyrodism.

[51] மேயோ மருத்துவ ஆராய்ச்சி நிலையம் - Mayo clinic.

[52] அஞ்சிஞ பெக்டோரிஸ் - angina pectoris.

கின்றது. புற்றுநோயல்லாத சில கழலைகளுக்கும் விழிக் கோளத்தின் சில புற்றுநோய்களுக்கும் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி யுள்ள ஸ்ட்ரான்ஷியத்தைப்[53] பயன்படுத்துகின்றனர். கதி ரியக்கப் பொட்டாசியம் மார்பிலுள்ள புற்றுநோய்க் கழலை களைக் கண்டறியப் பயன்படுகின்றது.

கதிரியக்க அயோடின் சத்திரசிகிச்சை செய்யமுடியாத புற்றுநோய்களைக் குணப்படுத்துவதில் புதிய முறையில் கையாளப் பெறுகின்றது. ஆராய்ச்சியாளர்கள் கதிரியக்க "வழிகாட்டும் எறிபடைகளைக்" (guided missiles) கண்டறிந் துள்ளனர். இந்த எறிபடைகள் "எதிர்நச்சுக்கள்" (anti-bodies) என வழங்கப் பெறுகின்றன. எதிர் நச்சுக்கள் என் பவைபுதிதாக உடலில் புகும் பொருள்களைத் தடுத்து நிறுத்து பவை. அம்முறை இவ்வாறு செயற்படுகின்றது: ஒரு சுண் டெலியின் சிறுநீரக இழையம் ஓர் எலியில் குத்திப் புகுத்தி னால், எலியிடம் புதிய பொருளைத் தடுத்து நிறுத்தும் எதிர் நச்சு தோன்றுகிறது. எலியிடமிருந்து இந்த எதிர்நச்சுச் சாரத்தைப் பிரித்தெடுத்து அது கதிரியக்கமுள்ள ஒரு பொரு ளுடன் சேர்க்கப்பெறுகின்றது. இதன்பிறகு இந்த எதிர் நச்சினை சுண்டெலியிடம் குத்திப் புகுத்தினால் அது நேராக சுண்டெலியின் நீரகத்திற்குச் செல்லுகிறது; அத்துடன் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியினையும் கொண்டு செல்லுகிறது.

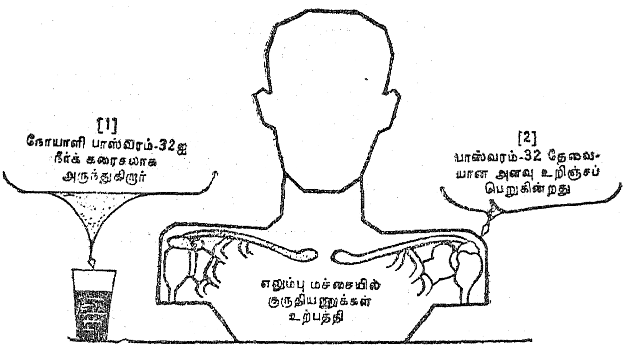
பாலிசைத்தீமியா[54]: குருதியில் ஒரு கன மில்லிமீட்ட ருக்கு ஐம்பது இலட்சம் வீதம் இருக்கவேண்டிய சிவப்பு அணுக்களுக்குமேல் மிகுதியாக அவ்வணுக்கள் பெருகுவ தால் இந்நோய் தோன்றுகிறது. உடலில் சிவப்பு அணுக்கள் அதிகமாக இயற்றப்படுவதைத் தடுப்பதற்குப் பாஸ்வரத் தின் ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்தி வெற்றி கண்டுள்ள னர். நாம் உண்ணும் உணவிலுள்ள பாஸ்வரம் உடலில் குருதியை இயற்றும் பகுதிகளுக்கு—அஃதாவது, எலும்பு-மச்சை,[55] மண்ணீரல்,[56] நிணநீர்ச் சுரப்பிகள்[57] ஆகியவற்

[53] ஸ்ட்ரான்ஷியம்-strantium. [54] பாலிசைத்தீமியா-polycythemia. [55] எலும்பு மச்சை-bone marrow. [56] மண்ணீரல்-spleen. [57] நிணநீர்ச் சுரப்பிகள்-lymphatic glands.

றிற்கு—நேரே செல்லுகின்றது. பாஸ்வரத்தின் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களும் இப்பகுதிகளையே நாடிச் செல்லுகின்றன. அவை அங்குள்ள குருதிச் சிவப்பு அணுக்களைச்[58] சரமாரியாகத் தாக்கிச் சிதைக்கின்றன. இதனால் குருதியிலுள்ள சிவப்பு அணுக்களின் அளவு குறைந்து மெதுவாக சீரான விகிதத்துக்கு வந்துவிடுகின்றது. இதனால் நோயாளி உடல் நலத்தை அடைகின்றார். பாஸ்பரம்-32 தான் இந்தச் சிகிச்சையில் பயன்படுகின்றது. (படம்-32) குருதியில் ஏற்படும் வேறு கோளாறுகளும் இதனால் குணமடைகின்றன. இன்று அமெரிக்கா முழுவதும் பாலிஸைத்தீமியா நோயைக் குணப்படுத்துவதற்கு இந்தப் பாஸ்வரக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான் சிகிச்சை மேற்கொள்ளப்பெறுகின்றது.

கதிரியக்கப் பாஸ்வரம்-32

பாலிஸைத்தீமியா, நாட்பட்ட லூக்கிமியா என்ற நோய்களின் சிகிச்சைக்குப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது



படம் 32

லூக்கீமியா[59]: லூக்கீமியா என்னும் நோய் மேற்கூறப்பெற்ற பாலிஸைத்தீமியாவைக் காட்டிலும் மிகவும் கொடுமையானது; அந்நோய்க்கு எதிரிடையானது. குருதியில்

---

[58] சிவப்பு அணுக்கள் - red corpuseles. [59] லூக்கீமியா-leukemia.

மட்டுக்கு மிஞ்சிய வெள்ளையணுக்கள்[60] உண்டானால் இந்நோய் தோன்றுகின்றது. இந்நோய் ஏற்படுவதற்குக் காரணம் தெரியவில்லை. தக்க முறையில் சிகிச்சை செய்து கொண்டே வந்தால் நோயாளிகள் சாதாரணமாகப் பல ஆண்டுகள் சௌகர்யமாக வாழலாம்; ஆயினும், இறுதியில் இந்நோய் இறப்பில்தான் கொண்டுசெலுத்துகிறது. இந்நோயின் பல்வேறு வடிவங்கள் ஆண், பெண் ஆகிய இரு பாலாரிடையேயும் எல்லா ஆண்டுப் பருவங்களிலும் உண்டாகின்றன; என்றாலும், பெரும்பாலும் 35 - 55 ஆண்டுப் பருவங்களில்தான் அவை அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இந்நோயைப் போக்குவதற்குக் கதிரியக்கப் பாஸ்வரத்தைக் கையாண்டதில் மருத்துவ நிபுணர்கள் இதுவரை வெற்றியையே கண்டு வந்துள்ளனர். எதிர் காலத்தில் இந்தச் சிகிச்சை சிறந்த முறையில் பயன்படக் கூடியதாக வளர்ச்சி பெறும் என்ற நம்பிக்கை ஆராய்ச்சி நிபுணர்களிடையே தோன்றிவருகின்றது. அமெரிக்க நாட்டில் இத்துறையில் ஆராய்ச்சி தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றது. லூக்கீமியாவைக் குணப்படுத்தும் சிறந்ததொரு முறையை எப்படியும் கண்டுபிடித்து விடலாம் என்ற திடமான நம்பிக்கையுடன் பலர் உழைத்து வருகின்றனர்.

> எண்ணிய எண்ணியாங்கு எய்துப; எண்ணியார்
> திண்ணிய ராகப் பெறின்.

என்ற பொய்யாமொழி ஒருநாளும் பொய்த்துப் போகாதன்றோ?

சத்திர சிகிச்சை : அழுகு புண் என்பது சத்திர சிகிச்சை மருத்துவர் அடிக்கடிக் காணும் ஒரு நோய்; இந்நோய் குருதியோட்டக் குறைவால் ஏற்படலாம்; இது ஏற்படுவதற்குப் பிற காரணங்களும் உள. இந்தப் புண் ஏற்பட்டால் அழுகிப்போன பகுதியை உடலிலிருந்து வெட்டியெறிவது அவசியம். ஆனால், மிகச் சிறந்த சத்திர சிகிச்சை நிபுணர் கூட எந்த இடத்தில் வெட்டுவது என்பதை மிகத் துல்லியமாக நிர்ணயிப்பது சிரமம். இதை நிர்ணயிப்பதற்குக்

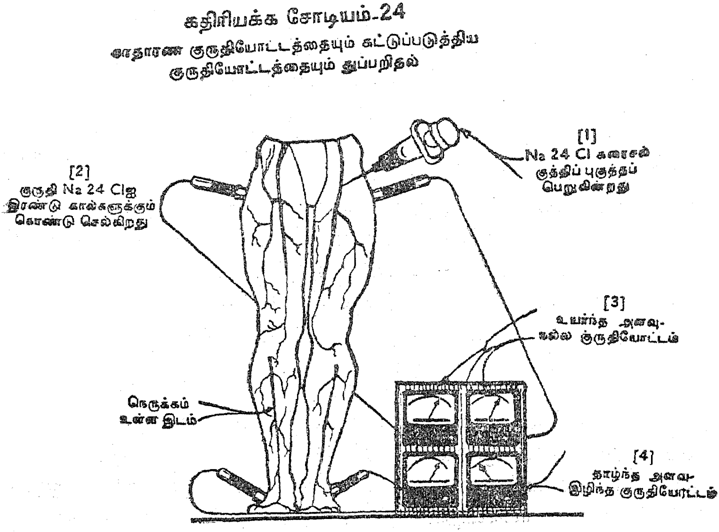
[60] வெள்ளை யணுக்கள் - white corpuscles.

கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பெரிதும் துணைபுரிகின்றன. சாதாரணக்கறி உப்பினை[61] சுழலினி[62] என்ற பொறியிலிட்டு உப்பிலுள்ள சோடியத்தைக் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியுடையதாகச் செய்து இதற்குப் பயன்படுத்துகின்றனர். இந்தச் சோடியம் பெற்ற கிளர்ச்சி சில மணிநேரம் நீடித்திருக்கும். இந்தக் கதிரியக்க உப்பில் ஒரு சிறு பகுதியைச் சாதாரண உப்புடன் கலந்து உணவுடன் உண்டால், கறி உப்புடன் கதிரியக்க உப்பும் சென்று குருதியில் கலந்துவிடும். உடலில் குருதி ஓடிவரும் இடம் எங்கும் இந்த உப்பும் கூடவே செல்லும். அங்கெல்லாம் இதன் அணுக்கள் வெடித்து காமா-கதிர்களை வீசும். அழுகிய உறுப்பின் அருகே கைகர் எண் - கருவியைக் கொண்டு சோதித்தால், எந்த இடத்துடன் குருதியோட்டம் தடைப்பட்டு நின்றுவிடுகிறது என்று துல்லியமாக நிர்ணயித்துவிட முடியும். (படம்-33)

கதிரியக்கப் பாஸ்வரமும் சத்திர சிகிக்சையின் பொழுது சிறந்த குறையறி கருவியாகப்[63] பயன்படுகின்றது. மூளையில் ஏற்பட்டிருக்கும் சிலவகைப் பிளவைகளின் இருப்பிடத்தைக் கண்டறிய இக்கதிரியக்கப் பொருள் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றது. மூளையின் இழையங்கள் உட்கிரகிக்கும் பாஸ்வர அளவைவிட இப் பிளவைகள் அதிகமான பாஸ்வரத்தை உட்கிரகிக்கின்றன; பாஸ்வர மருந்துடன் இக்கதிரியக்கப் பாஸ்வரத்தைக் கலந்து நோயாளியின் பாய்குழல்கள்[64] வழியாக ஊசிமூலம் குத்திப் புகுத்தப் பெற்றால் அது மூளையில் செறிந்து திரளுகின்றது. ஊசி போன்ற கைகர் எண் - கருவியைக் கொண்டு மருத்துவர் கழலையின் இருப்பிடத்தைத் தேடுங்கால், சில ஒளிகள் சற்று மெதுவாகவும் ஒரே நிதானமாகவும் அணைந்து எரியும். கழலையுள்ள இடத்தில் திடீரென ஒளிகள் மிகவும் விரைவாக அணைந்து எரியும். இந்த இடம்தான் கழலையுள்ள இடம்.

[61] கறி உப்பு, சோற்றுப்பு - common salt. [62] சுழலினி – cyclotron. [63] குறையறி கருவி - diagnostic tool. [64] பாய் குழல் – vein.

வெளிவிடப்பெறும் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி கால் அங்குல இழையத்தை மட்டிலும் துளைத்துச் செல்லக்கூடியதாதலின் ஊசி போன்ற சலாகை[65] யொன்றினை மூளையில் செருகி



படம் 33

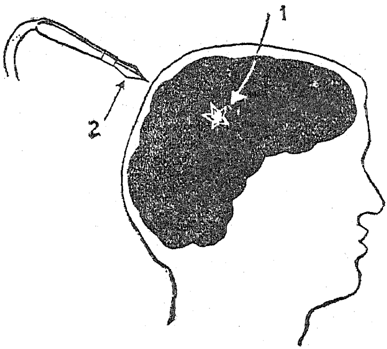
அத்துடன் பிரத்தியேகமான கைகர் எண் - கருவி யொன்றினை இணைத்து கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியினை அறிந்து கொள்ளலாம். (படம்-34). இதனால் பிளவையின் இருப்பிடத்தை அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது. இத்தகைய கருவியினை விஸ்கான்ஸின் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த பௌதிகத் துறையினர் முதன் முதலாகக் கண்டறிந்தனர். இம்முறையினைக் கையாண்டு மூளைப் பிளவையுள்ள பதினான்கு நோயாளிகளைக் குணப்படுத்தினர்.

மூளைப் பிளவிற்குச் சிகிச்சை செய்வதில் வேறொரு புதிய முறை தோன்றியுள்ளது. புருக்கேவன் தேசீய ஆய்

[65] சலாகை - probe.

வகத்தில் இம்முறை கண்டறியப் பெற்றது. 'காஸ்மோ டிரான்' போன்ற அணுப்பிளக்கும் கருவிகளைப் பயன்படுத்தி புற்று நோய் ஆராய்ச்சி செய்யப்பெறுகின்றது. புருக் ஹேவன் மருத்துவ நிலையத்திலுள்ள[66] நோயாளிகளுக்கு போரான் - 10 முதலில் ஊசி குத்திப் புகுத்திய சிறிது நேரத்தில் அவர்கள் ஆய்வகத்திலுள்ள அணு உலையி லிருந்து வரும் பொதுஇயல் மின்னிகளுக்கு இலக்காக்கப்

மூளைப்பிளவை சிகிச்சை



படம் 34

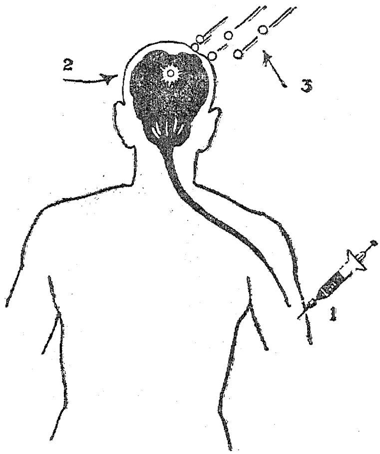
1. கதிரியக்கப் பாஸ்வர அணுக்கள் கதிர்களை வீசுகின்றன.
2. கைகர் எண்-கருவி கதிர்களால் பாதிக்கப்பட்டு பிளவையின் இருப்பிடத்தைக் காட்டுகின்றது.

பெறுகின்றனர். போரான், பிளவையுள்ள இழையத்தில் செறிந்து திரண்டதும், பொதுஇயல் மின்னிகள் போரான் அணுக்களை இரண்டு சில்லுகளாகப்[67] பிளவுறச் செய்கின்றன. ஒவ்வொரு சில்லுகளினின்றும் குறுகிய வீச்சுக் குட்பட்ட[68] மிகத் தீவிரமான கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி உண்டாகின்றது. கிளர்ச்சியின் எல்லை ஒரு மில்லி மீட்டருக்கும்

---

[66] புருக்கேவன் தேசீய ஆய்வகம் – Brookhaven National Laboratory. [67] சில்லுகள் – fragments. [68] குறுகிய வீச்சுக்குட்பட்ட–short ranged.

குறைவானது. எனவே, இந்த முறைச் சிகிச்சை சிறந்ததாக அமைகிறது. (படம்-35). முதன் முதலில் சிகிச்சை தரப்பெற்ற பதின்மரில் எண்மரிடம் நல்ல குணத்தைக் கண்டனர். இவ்வித சிகிச்சை இன்னும் குழவிப் பருவத்தில் உள்ளது என்றுதான் சொல்லவேண்டும்.



படம் 35

1. ஊசி மூலம் குருதியோட்டத்தில் போரான் கரைசல் குத்திப் புகுத்தப் பெறுகின்றது.

2. பிளவையில் போரான் அணுக்கள் செறிந்து திரளுகின்றன.

3. அணு உலையினின்று வரும் பொதுஇயல் மின்னிகள் போரான் அணுக்களைத் தாக்க, அதனால் கதிரியக்க அணுக்கள் உண்டாகி பிளவையைத் தாக்குகின்றன.

ஹார்வார்டு மருத்துவப் பள்ளியிலும் மஸாச்சுசெட்ஸ் மருத்துவ நிலையத்திலும் மண்டையோட்டினைத் திறக்காமலேயே மூளையிலுள்ள கழலைகளைக் கண்டறிய "பாஸிட்ரான் ஸ்கானர்"[69] என்ற கருவி பயன்படுகிறது. ஒரு நோயாளி

[69] பாஸிட்ரான் ஸ்கானர் - positron scaner.

யின் வடி குழலில் சிறிதளவு கதிரியக்க ஆர்செனிக் மருந்து குத்திப் புகுத்தப்பெறுகின்றது. பலமணி நேரங்கழித்து குறியிடப்பெற்ற ஆர்செனிக் தன் இருப்பிடத்தைச் சில மின்பொலி எண் - கருவிகளின்[70] மூலம் தெரிவிக்கின்றது; மூளையின் படம் ஒன்று வரைந்து அதில் ஆர்செனிக் மிகுதியாகக் குவியும் இடத்தைக் குறிக்கின்றனர். சாதாரண இழையத்தைவிட கழலையால் பாதிக்கப் பெற்றுள்ள இழையம் அதிகமான கதிரியக்க ஆர்செனிக்கை உட்கிரகிப்பதால், கழலையின் பருமனையும் அது உள்ள இடத்தையும் நிர்ணயிக்க முடிகிறது.

சொத்தைப் பல்:[71] பல்லில் சொத்தை விழுதல் உணவாலும், பாக்டீரியா என்ற கிருமிகளாலும், நெருக்கமாகப் பற்கள் அமைந்திருப்பதாலும், பற்களைச் சரியாகத் துலக்காததாலும், தூம்பிலாச் சுரப்பிகளில் நேரிடும் கோளாறுகளாலும்[72], குடிவழிப் பண்பாலும் நேரிடுகிறது என்று பல காரணங்கள் கூறப்பெறுகின்றன. நல்ல பற்களின் வளர்ச்சிக்குக் கால்சியமும் பாஸ்வரமும் மிகவும் இன்றியமையாத பொருள்கள் என்று கண்டறியப் பெற்றுள்ளன. சொத்தைப் பற்களைக் குணப்படுத்துவதற்குமுன் பல் மருத்துவர்கள் பற்களில் பாஸ்வரம் எந்த அளவில் படிந்து வருகிறது என்பதையும், அது படிவதை எந்தெந்த நிகழ்ச்சிகள் பாதிக்கின்றன என்பதையும் அறிதல் வேண்டும். கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் வந்த பிறகு இதை அறிவது மிக எளிதாக அமைந்துவிட்டது. கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி யுள்ளனவும் உடலுக்குத் தீங்கு பயக்காதனவும் ஆன பொருள்களை நோயாளியின் உணவுடன் கலந்து கொடுத்தால் போதுமானது. கதிரியக்கமுள்ள பாஸ்வரம் அங்குள்ள நிலையினை உளவு காட்டிவிடும்.

சிகிச்சையில் புதிய முறை: கதிரியக்கப் பொருள்களைப் பயன்படுத்துவதில் புதிய முறைகள் தோன்றியுள்ளன. நோயற்ற இழையங்கள் அதிகமாகப் பாதிக்கப் பெறுமல்

[70] மின்பொலி எண் கருவி-scintillating counter. [71] சொத்தைப் பல் - dental caries. [72] கோளாறுகள் - disorders.

கழலையுள்ள இடத்தில் மட்டிலும் தீவிரமாகத் தாக்கக்கூடிய கதிர்களைச் செலுத்துவதற்குப் சில புதிய முறைகள் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன. சில துணைக்கருவிகள் நோயாளியை மெல்லச் சுழற்றியும், சில அமைப்புக்கள் நோயாளியைச் சுற்றி வந்தும் இதை நிறைவேற்றுகின்றன. சிகாகோ மருத்துவ நிலையத்திலுள்ள இயந்திரங்களில் ஒன்று 500 இலட்சம் வோல்ட்டு-ஆற்றலுள்ள எதிர்மின்னி-ரவைகளைப் புற்றுநோய்ப் பகுதியின்மீது செலுத்துகின்றன. சுழலக் கூடிய ஒரு கோபால்ட்டு - சிகிச்சை இயந்திரத்திலிருந்து வெளிவரும் அணுக்கதிர்கள் பல இலட்சம் ரூபாய் விலை மதிப்புள்ள ரேடியத்திலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்களுக்குச் சமமான ஆற்றலுள்ளவை. கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியுள்ள கோபால்ட்டு-60 என்ற பொருளை ஓர் அணு உலையில் எளிதாகத் தயாரித்துக்கொள்ள முடியும்.

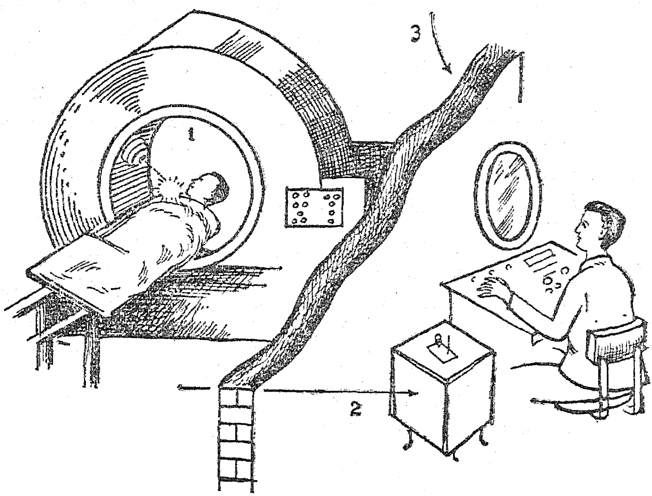
சுழலும் கோபால்ட்டு-60 சிகிச்சை இயந்திரம் ஒன்றில் ஒரு நோயாளி சிகிச்சை பெறுவதை நாம் பார்க்கலாம்; ஆனால், அந்த அறையிலிருந்து காணமுடியாது. அந்த இயந்திரத்தை இயக்குபவருடன் நாம் மற்றொரு அறையிலிருந்துகொண்டு ஒன்றரை அடி கனமுள்ள ஒரு பிரத்தியேகமான சாளரத்தின் வழியே சிகிச்சை நடைபெறுவதைக் கவனிக்கலாம்; இந்தச் சாளரம் துத்தநாக புரோமைடு[73] என்ற ஒரு வேதியற் பொருளால் நிரம்பியுள்ளது. சாளரம் கதிர்களை மட்டிலும் தடுக்குமேயன்றி நம் பார்வையைத் தடுக்காது. படத்தில் (படம்-36) ஒரு நோயாளி சிகிச்சை பெறுவது காட்டப் பெற்றுள்ளது. சிகிச்சை இயந்திரத்திலுள்ள வளையம் போன்ற திறப்பில் நோயாளி ஒருவர் ஒரு டோலிமீது[74] படுத்திருக்கிறார். கோபால்ட்டிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர் கழலையின் மையத்தில் சரியாக விழுமாறு ஒரு காரைமேடை[75] அவரைத் தாங்கி நிற்கிறது.

கோபால்ட்டு உள்ள பகுதி ஒரு நிமிடத்திற்கு இரண்டு தடவை வீதம் சுழலும்பொழுது, ஒரு வாளிபோன்ற உருவத்

[73] துத்தநாக புரோமைடு-zinc bromide.

[74] டோலி - streteher. [75] காரைமேடை - plaster cast.

தில் அமைந்த 850 இராத்தல் எடையுள்ள யுரேனியக் கவசம் கோபால்ட்டை மறைக்கின்றது. கோபால்ட்டி லிருந்து வெளிப்படும் தீவிரமான கதிர்களைத் தடுக்கப் பிற சிகிச்சை இயந்திரங்களில் காரீயக் கவசம் பயன்படுகிறது; ஆனால், இந்த யுரேனியக் கவசம் 3300 இராத்தல் எடையுள்ள காரீயக் கவசத்தின் வேலையைச் செய்யும். கட்



படம் 36

1. புற்று நோயின்மீது குவியும் கதிர்கள். 2. இயந்திரத்தை இயக்குபவர் திரவம் நிரம்பிய சாளரத்தின் வழியே கவனித்துச் சிகிச்சையை அடக்கியாள்கிறார். 3. காங்கிரீட் சுவர்.

புலனாகாத அணுக்கதிர் நோயாளியின் ஆரோக்கியமான இழையங்களில் மிகவும் பரந்துவிழும்; ஆனால், கோபால்ட்டு பகுதி சுழலும் வட்ட மையத்தில் பிளவை இருப்பதால், இதன் மீது கதிர்கள் குவிந்து விழுந்துகொண்டே யிருக்கும். இந்த முறையில் அதிகமாக விழும் நாசகரமான கதிர்கள் பிளவையிலுள்ள உயிரணுக்கள்மீது விழும். 1954-ஆம் ஆண்டில் இளவேனிற் காலத்தில் இந்த இயந்திரம் முதன் முதலாகப்

பயன்படுத்தப் பெற்றது. பிலடெல்பியாவிலுள்ள இத்தகைய இயந்திரத்தினின்று வெளிப்படும் அணுக்கதிர்கள் ஐந்து கோடி டாலர் மதிப்புள்ள ரேடியத்திலிருந்து வெளிப்படும் அணுக்கதிர்களுக்குச் சமமாகும். மருத்துவ ஆராய்ச்சிக் காக இவ்வளவு ரேடியம் பயன்பட்டதே இல்லை. ஆனால், இந்தக் கோபால்ட்டு இயந்திரத்தின் அடக்கவிலை 75 ஆயிரம் டாலரே. மனிதன் அணுக்களைப் பிளக்கத் தெரிந்து கொண்டதன் பயனாகத்தான் இத்தகைய இயந் திரங்கள் அமைக்கச் சாத்தியமாகி யுள்ளது.

உளவு காட்டும் வழி-துலக்கிகள் : நோய்களின் சிகிச்சை யில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் எவ்வெவ்வாறு பயன்படு கின்றன என்பதை மேலே கண்டோம். இன்னும் எடுத்துக் காட்டுக்களைப் பெருக்கிக்கொண்டே போகலாம். ஓரிடத் தான்களின் வரலாற்றில் இது ஒரு சிறு பகுதியேயாகும். இவ்வரலாற்றை மேலும் தொடர்ந்து அறிய வேண்டுமானால் கதிரியக்கத் துகள்கள் மருத்துவ ஆராய்ச்சியில் எப்படி யெல்லாம் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன என்பதைக் கூற வேண்டும். ஓரிடத்தானிடம் துப்பறியும் பண்புகள்[75] அமைந்து கிடக்கின்றன. இத்திறமைகள் அவற்றை உளவு காட்டும் வழி-துலக்கிகளாகப்[76] பயன்படுத்துவதற்கு உதவு கின்றன. வழி-துலக்கி என்றால் என்ன? அவ்வாறு வழங்கப் பெறுவதற்குக் காரணம் என்ன? கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் தாம் சென்ற வழியைக் கதிர்ப் பொழிவு களால் கைகர் எண்-கருவியின் மூலமாகத் துலக்கிக் காட்டு வதால் அவை இப்பெயர் பெற்றன. இவை செல்லும் வழியில் எண்-கருவியை வைத்தால் அது 'கிளிக்' என்று ஒலிக்கின்றது; ஓரிடத்தான்கள் சென்றுள்ள வழிகளையெல் லாம் புலப்படுத்துகின்றது. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை மணி கட்டிய ஆடுகள் என்று சொல்லலாம். ஓர் ஆட்டின் கழுத்தில் கட்டிய மணி ஒலிப்பதிலிருந்து ஆடுமேய்ப்பவன் தன்மந்தையின் இருப்பிடத்தை அறிய முடிகின்றது. கதிரி

[75] துப்பறியும் பண்புகள் - detective qualites.
[76] உளவுகாட்டும் வழி-துலக்கிகள் - tracers.

யக்கக் கிளர்ச்சியுள்ள அணுவினால் கைகர் எண்-கருவி 'கிளிக்' என்று ஒலிப்பதிலிருந்து ஓர் அறிவியல் அறிஞர் ஓர் அணுத்தொகுதியின் இருப்பிடத்தை அறியலாம்.

மருத்துவத் துறையில் நோயின் குணங்களைக்கொண்டு அது இன்ன நோய் என்று அறிவதும், அந்நோய் வருவதற் குரிய காரணத்தை அறிவதும் மிகவும் இன்றியமையாத செயல்கள். வள்ளுவரும்,

> நோய்நாடி நோய்முதல் நாடி அதுதணிக்கும்
> வாய்நாடி வாய்ப்பச் செயல்.

என்று கூறியுள்ளார். நோயினைத் தீர்க்கும் உபாயத்தினை அறிவதற்கும், அதனைச் செய்யும் வழி பிழையாமற் செய்வதற்கும் ஓரிடத்தான்களின் பண்புகள் துணை நிற்கின்றன. இருமல் நோய் சிகிச்சை செய்யப்பெறுவதனைக்கொண்டு இதனை விளக்குவோம். இருமல்நோய் ஆண்டுதோறும் பல்லாயிரக்கணக்கான மக்களை மாய்க்கும் கொடிய ஓர் அரக்கன். இது நுண்ணுயிர்களால் விளைகின்றது என்பது நமக்குந் தெரியும். மிகச் சிறந்த பெருக்காடியிலும் இக் கிருமிகளைக் காணமுடிவதில்லை. ஆகையால், இவற்றின் தன்மையும், இவற்றைக் கட்டுப்படுத்தும் முறைகளும் இது காறும் கண்டறியப் பெறவில்லை. சாய்காப்[77], கேப்லன்[78] என்னும் இரு உயிர் நூலறிஞர்கள்[79] இந்த நுண்ணுயிர் களின் திருவிளையாட்டினைக் கண்டறியப் புதுமையான முறையினை மேற்கொண்டனர். அவர்கள் கதிரியக்கப் பாஸ்வரத்தை இந் நுண்ணுயிர்கள் மேல் ஏற்றிவிட்டனர். இதனால் இவ்வுயிர்களின் போக்கைத் தெளிவாக அறியமுடியும். இச் சோதனைகள் இன்னும் முற்றுப் பெறவில்லை. இவற்றால் பல புது உண்மைகள் புலனாகி இருமல் நோயினைக் கட்டுப் படுத்தும் முறைகள் தோன்றலாம். இவ்வாராய்ச்சி வெற்றிப் பாதைக்குக் கொண்டுசெலுத்தும் நாள் மிகத் தொலைவில் இல்லை.

---

[77] சாய்காப் - Chaikoff. [78] கேப்லன் - Kaplan.
[79] உயிர் நூலறிஞர்கள் - biologists.

பாதுகாப்பு முறைகள் : கதிரியக்கப் பொருள்களைக் கையாளும் மருத்துவ நிபுணர்களும் மருந்தகங்களிலும் மருத்துவ நிலையங்களிலும் பணியாற்றும் ஊழியர்களும் கதிர் வீசலுக்கு ஆளாகாமல் காக்கப் பெறுவது இன்றியமையாதது; நோயாளர்களைக் காணச் செல்வோரையும் கதிர்களுக்கு இலக்காகாமல் பாதுகாக்க வேண்டும். சிகாகோ பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த எட்டடிமாடிக் கட்டடத்தில் அமைந்துள்ள மருத்துவ நிலையத்தில் இந்த எச்சரிக்கை ஏற்பாடுகள் மிக நன்ருகச் செய்யப் பெற்றுள்ளன. இந் நிலையத்தில் புற்றுநோய் சிகிச்சை செய்யப்பெற்று வருகின்றது. இந்நிலையத்தை அமைப்பதற்கான பத்து இலட்சம் டாலருடன் அந்த நிலையத்தை நடத்தும் செலவையும் அமெரிக்க அணு ஆற்றல் குழு கொடுத்து உதவுகின்றது.

இந் நிலையத்தில் பணியாற்றும் மருத்துவர்களும் நர்ஸுகளும் ஓர் அடையாளச் சீட்டு அணிகின்றனர். இதிலுள்ள ஓர் பிலிமைத் துலக்கி நாடோறும் அவர்கள் எவ்வளவு கதிர் வீசலுக்கு இலக்காயினர் என்பதைக்கண்டறிந்து கணக்கில் பதியப் பெறுகின்றது. இந்த அளவுகளின் மொத்தம் அபாய எல்லையை மீருமலுள்ளதா என்பது கவனிக்கப் பெறுகின்றது. இவர்கள் சட்டையிலுள்ள ஊற்றுப் பேனு[80] போன்ற டோஸிமீட்டர்[81] என்ற கருவியைப் பார்த்து இந்த அளவினைக் கண்டு கொள்ளலாம். நிலைய ஊழியர்களும் பார்வையாளர்களும் நிலையத்தை விட்டுச் செல்லுங்கால் ஏதேனும் அபாயகரமான கதிரியக்கமுள்ள பொருள்கள் அவர்கள் மீது ஒட்டியுள்ளனவா என்பதை அறியச் சோதிக்கப் பெறுகின்றனர்.

புதிய கண்டுபிடிப்புக்கள் : கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கொண்டு மூளையின் பக்கவாதம்,[82] வலிப்பு நோய்,[83] முதலிய பல நோய்களைப்பற்றியும், எண்டோகிரீன் சுரப்பிகள் பற்றியும் பல புதிய கருத்துக்களும் நூற்றுக் கணக்கான பிற

---

[80] ஊற்றுப் பேனு - fountain pen. [81] டோஸிமீட்டர் - dosimeter. [82] மூளையின் பக்கவாதம் - cerebral palsy. [83] வலிப்பு நோய் - epilepsy.

முன்னேற்ற வழிகளும் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன. மருத்துவ நிபுணர்கள் குருதிச் சிவப்பு அணுக்களில் குறியிட்ட அணுக்களைப் புகுத்தி அவை உடலில் எவ்வாறு உற்பத்தியாகின்றன, நிலைக்கின்றன, அழிகின்றன என்ற விவரங்களை ஆராய்ந்து வருகின்றனர். இதிலிருந்து பலவகை சோகை[84] நோய்களைப்பற்றி அறிகின்றனர். கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் துணையால் நோயாளியின் உடலில் அபாயமின்றி குருதிப் புகுத்தும் முறைகளும், குருதிக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தத் தக்க திரவங்களும் கண்டறியப் பெறுகின்றன. இந்த ஒரு துறையில் மட்டிலும் ஆயிரக்கணக்கான உயிர்கள் பாதுகாக்கப் பெற்றுள்ளன; இதனால் கோடிக் கணக்கான டாலர்கள் மிஞ்சியுள்ளன.

முடிவு: நோய்களைத் தீர்ப்பதற்கு கதிரியக்கப் பொருள்களைப் பயன்படுத்தும் முறைகள் பல்கிப் பெருகிக்கொண்டு வருகின்றன. இப் பொருள்களின் விலையும் மலிவாகிக் கொண்டு வருகின்றது. பாலுண்ணிகளை அழிப்பதிலும், எச்சில் தழும்பு போன்ற தோல்பற்றிய நோய்களைக் குணப்படுத்துவதிலும் இப்பொருள்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. சிறிதுநேரமே நீடித்து நிற்கக்கூடிய கதிரியக்கக் கிளர்ச்சிப் பொருள்களைப் பிளாஸ்திரியாக ஒட்டவோ தடவும் மருந்தாக வைத்துக் கட்டவோ செய்யலாம். இதனால் யாதொரு தீங்கும் நேரிடாது; நன்மையே பயக்கும் நற்பொருள்களாகவும் அமையும். இங்ஙனம் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் மருத்துவத்துறையில் பெரும் புரட்சி செய்திருக்கின்றன; இன்னும் எதிர்காலத்தில் எண்ணற்ற நற்பயன்களை விளைவிக்கக் காத்திருக்கின்றன.

---

[84] சோகை - anaemia.

13. உழவுத்தொழிலும் அணுவும்

'உழவுக்கும் தொழிலுக்கும் வந்தனை செய்வோம்' என்று கூறினர் புரட்சிக்கவி பாரதி. ஒரு நாட்டின் உணவுப் பெருக்கத்திற்கு மிகவும் இன்றியமையாதது உழவுத்தொழில். பிறதுறைகளில் கோடி கோடியாகப் பொருளைக் குவித்தாலும் எல்லோரும் இறுதியில் உணவுக்காக உழவனைத்தான் எதிர் பார்த்து நிற்கவேண்டும். இதனை நன்குணர்ந்த வள்ளுவப் பெருந்தகை,

சுழன்றும் ஏர்ப்பின்னது உலகம் ; அதனால்
உழந்தும் உழவே தலை [1]

என்று கூறினர். புறநானூற்றுப் புலவரும் 'உண்டி கொடுத் தோர் உயிர் கொடுத்தோரே'[2] என்று சுட்டி யுரைத்தார். இதனை நன்கு உணர்ந்த அறிவியலறிஞர்கள் உழவுத் தொழிலில் தம்நாட்டத்தைச் செலுத்தி வருகின்றனர். அமெ ரிக்க அணுவாற்றல் குழு ஆண்டுதோறும் இத்துறை ஆராய்ச்சிக்குக் கோடிக் கணக்கான டாலர் செலவிட்டு வருகின்றது. அணுவாற்றலின் துணையால் சிறந்த பயிர் வகை களைக் கண்டறியவும், பயிர்களைச் சிறந்தமுறையில் வளர்த்து

[1] குறள்—1031 [2] புறம்—18

அதிகமாகப் பலன்தரவும், பயிர்களைப் பீடித்துவரும் பூச்சிகளையும் பயிர்நோய்களையும் ஒழிக்கக்கூடிய வழிவகைகளைக் காணவும் ஆராய்ச்சிகள் செய்து வருகின்றனர். ஒளிச்சேர்க்கை என்ற இயற்கையின் இரகசியத்தால் தாவரங்கள் உணவுகளைத் தாங்கள் உண்டாக்கிக்கொள்ளும் துறையிலும் தங்கள் கவனத்தைச் செலுத்தி அதன் நுட்பங்களையெல்லாம் அறிந்து கொள்ள முனைந்திருக்கின்றனர். இந்த ஆராய்ச்சிகளிலெல்லாம் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பெரும் பங்கு கொள்ளுகின்றன. அவை உழவுத் தொழிலைச் சிறந்த முறையில் நிறைந்த பயனை விளைவிக்கக் கூடிய அற்புதக் கலையாக்கும் என்று நாம் எதிர்பார்க்கலாம்.

அமெரிக்காவில் பூருக்ஹேவன்[3] ஆர்க்கான் [4]ஓக் ரிட்ஜ் ஆகிய இடங்களில் உள்ள ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் அமைக்கப்பெற்றுள்ள 'அணுப்பண்ணைகளில்' நடத்தப் பெற்று வரும் ஆராய்ச்சித் திட்டத்தில் அரசாங்கம் பெரும் பங்கு கொண்டுள்ளது. பெரிய கல்லூரிகளிலும், பல்கலைக் கழகங்களிலும், உழவுத் தொழில் ஆராய்ச்சி நிலையங்களிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் உழவுத் தொழில் துறையில் எந்தெந்த முறைகளில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன என்பதை ஈண்டு காண்போம்.

உரமிடுதல் ஆராய்ச்சி: அண்மைக் காலம் வரையிலும் தாவரங்களின் வளர்ச்சி, பருமன், அவைதரும் பலன் ஆகியவற்றைக் கொண்டே உரமிடுதலின் விளைவுகளை மக்கள் தீர்மானித்து வந்தனர். கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கண்டறிந்த பிறகு இந்நிலை மாறிவிட்டது. அவற்றைக் கொண்டு பொருள் பொதிந்த புள்ளி விவரங்கள் முதன் முதலாகக் கண்டறியப் பெற்றுள்ளன; எடுத்துக்காட்டாக, முதிர்ந்த தாவரங்களிலுள்ள பாஸ்வரச் சத்து மண்ணில் இயற்கையில் படிந்து கிடக்கும் பாஸ்பேட் உப்பிலிருந்து வந்ததா, அன்றி உழவர்கள் இடும் செயற்கை உரத்திலிருந்து வந்ததா என்பது நிர்ணயிக்கப் பெற்றது. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள்

[3] புருக்ஹேவன்—Brookhaven. [4] ஆர்கான்— Argonne.
[5] ஓக் ரிட்ஜ்-Oak Ridge.

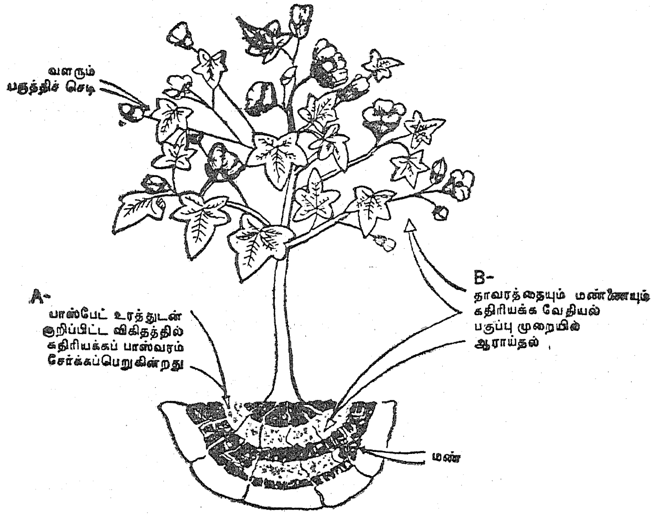
சத்துப் பொருள்கள்[6] தாவரங்களுக்கு மண்ணின் மூலமும் அங்கிருந்து வேர்களுக்கும் அவற்றிலிருந்து தாவரங்களுக்கும் எந்த அளவில் செல்லுகின்றன, எவ்வளவு வேகத்தில் செல்லுகின்றன என்பதை வழி-துலக்கி அறியப்பயன்படுகின்றன. இன்னும் இவ்வோரிடத்தான்கள் அறிவியலறிஞர்களுக்குத் தாவரங்களின் வளர்ச்சிப் பருவங்களில் எப்பருவத்தில் உரம் அதிகமாகத் தேவைப்படுகிறது என்று தீர்மானிக்கவும், தாவரங்களுக்கு முழு நன்மை பயக்க வேண்டுமாஞல் உரத்தை எங்கு, எவ்வாறு இடவேண்டும்என்றும், நாட்டின் பல் வேறுபட்ட மண்ணிற்கேற்றவாறு எந்தவகை உரங்கள் சிறந்த நன்மை பயக்கின்றன என்பதை நிலைநிறுத்தவும், இன்னும் உரமிடுதலில் இன்னோரன்ன நடை முறைப் பிரச்சினைகளைத் தீர்மானிக்கவும் துணைசெய்கின்றன.

பயிர்த் தொழிலுக்கென்றே கலவைச் செயற்கை உரங்கள் இன்று ஏராளமாக இயற்றப்பெற்று வருகின்றன. சில செயற்கை உரங்களின் விலை அதிகமாக இருக்கின்றது. இவற்றின் அளவைக் குறைத்துப் பயன்படுத்தலாமா என்று பயிர்த் தொழில் அறிவியலறிஞர்கள் தெரிந்து கொள்ள விழைந்தனர். பயிர் வளர்ந்துவரும் பருவம் முழுவதும் அவ்வப்பொழுது செயற்கை உரங்களை முறையாக இட்டுவந்தால் தான் பயிர்கள் செழித்து வளரும், அப்பொழுதுதான் நல்ல பலன்களும் கிட்டும் என்று வழக்கமாக நம்பிவந்த கொள்கையால் அதிகச் செலவு ஏற்பட்டது. பயிர்த்தொழிலில் ஏற்படும் செலவில் பெரும்பங்கு உரத்திஞல்தான் ஏற்பட்டது. இத்துறையில் அறிவியலறிஞர்களின் ஆராய்ச்சி பெருந்துணை புரிந்தது. கதிரியக்கப் பாஸ்வர ஓரிடத்தான் பாஸ்வரத்தைத் தாவரம் என்ன செய்கிறது என்பதைத் திட்டமாகப் புலப்படுத்திற்று. (படம்-37). பாஸ்வர உரத்துடன் கதிரியக்கப் பாஸ்வர ஓரிடத்தானைக் கலந்து பயன்படுத்தினபொழுது இவ் வுண்மை தெரியவந்தது.

ஸ்வீடன் நாட்டு ஆய்வாளர்கள் உரத்திலுள்ள பாஸ்பேட் உப்பை உரம் மண்ணில் தூவப்பெற்றவுடன் சிறிதும்

[6] சத்துப் பொருள்கள் – nutrients.

தாமதமின்றி தாவரங்கள் ஏற்றுக்கொள்கின்றன என்று கண்டறிந்துள்ளனர். அமெரிக்க ஆய்வாளர்கள் கால் நடைகள் மேயும் புல் வெளிகளிலுள்ள புற்களின் இதழ்கள் பாஸ்பேட் உப்பை ஏற்றுக்கொள்கின்றன என்றும், எனவே பாஸ்பேட்



பாஸ்வரம்-32. பாஸ்பேட் உர ஆராய்ச்சி

படம் 37

பாஸ்வரத்தை நிலம் எவ்வளவு நிலைநிறுத்துகிறது, தாவரம் அதை எவ்வளவு ஏற்கிறது, உரத்தின் திறன் எவ்வளவு—என்பதைப் படம் விளக்குகிறது

உரத்தை மேற்படி புலத்தை உழவுசெய்யாமல் புற்றரையில் தூவினாலேபோதும் என்றும் கண்டறிந்துள்ளனர். மக்காச் சோளம்[7] புகையிலை, பருத்தி ஆகிய பயிர்கள் இளஞ்செடி களாக வளரத் தொடங்கும்பொழுது மட்டிலுமே பாஸ்பேட்டை ஏற்கின்றன என்று சோதனை காட்டிற்று. எனவே, இப்பயிர்கள் சாகுபடியாகும் புலத்தில் தொடர்ந்து உரத்தை

[7] மக்காச் சோளம் - maize.

இடுவது வீண் என்பதை உணர்ந்தனர். இந்த ஆராய்ச்சியால் உழவர்களுக்கு உரத்திஞல் ஏற்பட்ட செலவு குறைந்தது; உரமிடுதலில் சென்ற காலமும் உழைப்பும் மிஞ்சின. ஆனல், உருளைக் கிழங்கு சாகுபடியில் ஆய்வாளர்கள் இதற்கு முற்றிலும் மாருன உண்மையினைக் கண்டனர். உருளைக் கிழங்குத் தோட்டங்களில் இட்டுவரும் செயற்கை உரத்துடன் கதிரியக்கப் பாஸ்பேட் உப்பைக் கலந்து கைகர் எண்-கருவிகொண்டு உருளைக்கிழங்குச் செடியைக் கவனித்த பொழுது, கிழங்குகள் மண்ணில் உண்டாகிவரும்பொழுது செயற்கை உரத்திலிருந்து மண்ணுக்கும், அங்கிருந்து கிழங்குகளுக்கும் பாஸ்பேட் செல்லுவதை அறிந்தனர். எனவே, உருளைக்கிழங்குச் செடிகள் வளரும் பருவம் முழுவதும் பாஸ்பேட்டை ஏற்றுக் கொள்கின்றன என்பது தெரியவந்தது. உருளைக்கிழங்குச் சாகுபடி அதிகப் பலன்தர வேண்டுமாஞல், அதன் சாகுபடிக் காலம் முழுவதிலும் செயற்கை உரத்தை ஒழுங்காக இட்டுவருவது மிகவும் இன்றியமையாதது. உரத்தைப் பயன்படுத்தும் முறையறிந்து, அதனைப் பயன்படுத்தும் காலத்தையறிந்து, பயன்படுத்திஞல் செயற்கை உரத்தில் செலவழியும் தொகையைக் குறைக்கலாம். வட கரோலிஞ மாகாணக் கல்லூரியில் நடத்தப் பெற்ற ஆராய்ச்சித் திட்டத்திஞல் 'சூப்பர் பாஸ்பேட்'[8] என்ற உரத்தைப்போடுவதால் புகையிலைப் பயிருக்குச் சிறிதும் பயன் விளைவதில்லை என் பதைஅறிந்து ஆண்டு தோறும் சுமார் 4000 டன் பாஸ்பேட் உரம் வீணுக்கப்பெருமல் மிச்சப்படுத்தப்பெறுகின்றது.

உயிரியல் - மூல ஊட்டச் சத்துக்கள்: வேதியல் உரங்களில் பயன்படும் தாதுப் பொருள்களைத் தவிர, தாவரங்கள் மண்ணிலுள்ள[9] கரிமப் பொருளிலிருந்தும்[10] ஊட்டத்தைப்[11] பெறுகின்றன. உயிரியல் மூலங்கள்பற்றிய உர ஆராய்ச்சியினை அமெரிக்க அணு ஆற்றல் குழு மேற்கொண்டிருக்கின்றது. அரிஸோஞ பல்கலைக் கழகத்தினர் நடைமுறைச் சாகுபடிக்கு முன் நடைபெற்ற சாகுபடி எச்சங்களிலிருந்தும்

[8] சூப்பர் பாஸ்பேட் - super phosphate. [9] மண்-soil.
[10] கரிமப்பொருள்-organic matter. [11] ஊட்டம்-nourishment.

புலத்திற்குப் பாயும் நீரின் மூலம் கொண்டுவரப் பெறும் பாசிகளிலிருந்தும் எவ்வளவு பாஸ்வரம் கிடைக்கின்றது என்று ஆராய்ந்து வருகின்றனர். விஸ்கான்சின் பல்கலைக் கழகம்[12] நிலத்திலுள்ள பாக்டீரியா[13] எவ்வாறு நைட்ரொஜனை நிலைத்ததாகச் செய்கிறது என்பதை ஓரிடத்தான் துலக்கி-யறி உக்திகளைக்[14] கொண்டு ஆராய்ந்து வருகின்றது.

நிலத்திலுள்ள நுண்ணிய உயிர்கள்[15] வாயு நிலையிலுள்ள நைட்ரொஜனை "நிலைத்த" நைட்ரொஜனாக மாற்றுகின்றன என்பது நீண்ட நாட்களாக அனைவரும் அறிந்த செய்தி. இச்செயல் அவரைச் செடிகள், மொச்சைச் செடிகள், பட்டாணிச் செடிகள் போன்ற லெகியூம்[16] குடும்பத்தைச் சார்ந்த தாவரங்களின் வேர்களிலுள்ள முண்டுகளினுள்[1] பாக்டீரியாவால் நிறைவேற்றப்படுகின்றது. வேர் முண்டுகளி லுள்ள பாக்டீரியா புலத்திலுள்ள நைட்ரேட் உப்புக்களை எதிர் காலத்தில் பயிராகக் கூடிய தாவரங்களுக்கு ஊட்டம் தரும் நிமித்தம் உண்டாக்குகின்றன. ஒரே சாகுபடியில் ஏக்கருக்கு 400 இராத்தல் வீதம் தயார் செய்து விடுகிறது என்று சொல்லுகின்றனர். இவ்வாறு தயார்செய்த "நிலைத்த" தன்மையையுடைய நைட்ரொஜன் உடனே தாவரங்களுக்குக் கிடைப்பதில்லை. லெகியூம் குடும்பத்தைச் சாராத பிற தாவரங்களுக்கு—எடுத்துக்காட்டாக, கோதுமைக்கு—இந்த நைட்ரொஜனை எவ்வாறு அதிகமாகக் கிடைக்கச்செய்வது என்பதுதான் விஸ்கான்ஸினிலுள்ள ஆய்வாளர்களின் பிரச்சினை. கோதுமை போன்ற தாவரங்களுக்கு நைட்ரொஜன் ஏராளமாகத்தேவை. பாக்டீரியாவுக்கும் வேர்முண்டுகளுக்கு முள்ள உறவு முறைகளைப்பற்றி அதிகம் அறிந்தால் மேற்குறிப் பிட்ட செயலை முற்றுவிப்பதற்கு அதிக வாய்ப்புக்கள் உள்ளன என்று அவர்கள் கருதுகின்றனர். இத்துறை ஆராய்ச்சியில் பயனுள்ளமுடிவுகளைக் கண்டு விட்டனர் என்றும் கூறலாம்.

---

[12] விஸ்கான்சின் பல்கலைக் கழகம் - University of Wisconsin [13] நிலத்திலுள்ள பாக்டீரியா - soil bacteria [14] துலக்கி-யறி உக்திகள் - tracer techniques. [15] நுண்ணிய உயிர்கள் – microbes. [16] லெக்யூம் - legume. [17] முண்டு nodules.

ஒளிச் சேர்க்கை : ஒளிச்சேர்க்கை[18] இயற்கையில் நடைபெறும் ஓர் அற்புத நிகழ்ச்சி. தாவரங்கள் காற்றிலுள்ள கரியமிலவாயுவையும்[19] வேர்களின்மூலம் பெறும் நீரையும் உட்கொண்டும் கதிரவன், ஒளிக்கதிர்களாகவும் வெப்பக் கதிர்களாகவும் உமிழும் ஆற்றலைத் துணைகொண்டும் கார்போஹைட்ரேட்டுகள்[20] பிசிதங்கள்[21] கொழுப்புக்கள்[22] போன்ற பொருள்களைச் சேமித்து வைக்கும் நிகழ்ச்சியை ஒளிச்சேர்க்கை என்று வழங்குவர். தாவரங்கள் சூரிய ஒளி கொண்டே வாழ்கின்றன என்பதை யாவரும் அறிவர். அவை கதிரவனிடமிருந்து ஒளியையும், சூட்டையும் நேரே விழுங்குகின்றன. இந்த உலகில் தாவரங்களைத் தவிர வேறு எந்தப் பொருள்களும் கதிரவனிடமிருந்து நேரடியாக ஆற்றலைப் பெறும் திறன் பெறவில்லை. மனிதன் உட்பட விலங்கு, பறவை முதலிய பிராணிகள் யாவும் நேராகக் கதிரவன் காலும் சூட்டையும் ஒளியையும் விழுங்காமல் அவற்றை விழுங்கிய தாவரங்களை விழுங்கிக் கதிரவனின் ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. புலி, சிங்கம் போன்ற புலாலுண்ணும் விலங்குகளோ சூரிய ஆற்றலை நேரே விழுங்குவதுமில்லை ; தாவரங்கள் உண்டாக்கும் பொருள்களையும் விழுங்குவதில்லை. அவை பயிருண்ணும் விலங்குகளைக் கொன்று தின்கின்றன என்றாலும், அவற்றிற்கும் ஆற்றல் கதிரவனிடமிருந்துதான் கிடைக்கின்றது என்பது இச்சங்கிலித் தொடர் நிகழ்ச்சிகளால் அறியக் கிடக்கின்றதன்றோ? எனவே, இப்புவியிலுள்ள உயிர்வாழ் பிராணிகள் அனைத்தும் பகலோனிடமிருந்தே ஆற்றலைப் பெறுகின்றன என்பதை வெள்ளிடைமலை என அறிகின்றோம்.

தாவரங்கள் வெய்யோன் ஆற்றலை விழுங்குவதெங்ஙனம்? சிறுவன் ஒருவன் தோட்டத்தில் பள்ளம் தோன்றி விதையொன்றினைப் புதைத்துத் தண்ணீர் ஊற்றிக்கொண்டே வருகிறான். நாள்தோறும் தான் அருமையாகப் பேணிவரும்

[18] ஒளிச்சேர்க்கை - photosynthesis. [19] கரியமிலவாயு - carbon-dioxide. [20] கார்போஹைட்ரேட்டுகள் - carbohydrates. [21] பிசிதங்கள் - proteins. [22] கொழுப்புக்கள் - fats.

தோட்டத்தைப் பிரியமாகப் போய்ப் பார்க்கிருன். ஒருநாள் அவ்விதை பச்சைப் பசேல் என்று முளைவிட்டு அம்முளை தரைக்குமேல் எழுந்து கதிரவனை நோக்குகிறது. இது தரையை வெடித்துக்கொண்டு வெளி வருவதற்கும் கதிரவனை நோக்குவதற்கும் காரணம் என்ன? இருட்டறையில் சாளரத்திற்கு அருகே வைக்கப் பெற்றிருக்கும் செடியும் வளைந்து சாளரத்தின் வழியே தலையை நீட்டிச் சூரியனை நோக்கி வளர்கிறது. பூந்தொட்டியிலுள்ள செடியைத் தலை கீழாகச்சாய்த்து வைத்தாலும் செடிவளைந்து எழுந்து வானை நோக்கியே வளர்கின்றது. கதிரவனிடமிருந்து வரும் ஆற்றல் தம் வளர்ச்சிக்கு மிகவும் இன்றியமையாதது என்பதை ஓரறிவுடைய தாவரங்களும் அறிந்து வாழ்கின்றன. தாவரங்கள் வளர வளர அவை கதிரவன் சூட்டையும் ஒளியையும் வாரி வாரி விழுங்கித் தம்முளே அடக்கிக் கொள்கின்றன. நாம் உண்ணும் உணவு வேதியல் மாற்றம் பெற்றுக் குருதியில்[23] கலப்பதுபோலவே, கதிரவனின் ஆற்றலும் தாவரங்களின் ஒவ்வோர் அணுவிலும் அடங்கிக் கிடக்கின்றது. மண்ணிலிருந்தும் காற்றிலிருந்தும் உட்கொள்ளும் பொருள்களைக் கொண்டு தாவரங்கள் தம் உறுப்புக்களின் அணுத்திரளைகளை அமைத்துக்கொள்ளக் கதிரவனின் ஆற்றல் தேவைப் படுகின்றது. அதுபற்றியே, தாவரங்கள் கதிரவனின் ஆற்றலை உட்கொள்ளுகின்றன.

ஒளிச் சேர்க்கை உண்ணும் உணவையும் எரியும் விறகு வகைகளையும் தருவதோடன்றி வேறொரு நன்மையையும் விளைவிக்கின்றது. காற்றிலுள்ள உயிரியத்தின் அளவு குறையாதும் அது காத்துவருகிறது. ஒவ்வொரு விநாடியிலும் உயிர் வாழிகள் மூச்சு விடுவதாலும், எரிதல் நிகழ்வதாலும் வாயு மண்டலத்திலுள்ள உயிரியம் குறைந்து கரியமிலவாயு மிகுகின்றது. தாவரங்களின் ஒளிச் சேர்க்கையில் கரியமில வாயுவிலுள்ள கார்பன் ஏற்றுக்கொள்ளப்பெற்று உயிரியம் விடுவிக்கப் பெறுகின்றது; காற்றில் கணந்தோறும் உயிரியம் நிறைவு செய்யப்பட்டு வருகிறது.

[23] குருதி - blood.

உறைந்த ஆற்றல்: கதிரவனிடமிருந்து வரும் ஆற்றல் தாவரங்களின் ஒவ்வோர் அணுவிலும் அடங்கிக் கிடக்கின்றது என்பதை மேலே கண்டோம். இந்த ஆற்றல்தான் பூமியிலிருந்து கிடைக்கும் நிலக்கரியிலும் மண்ணெண்ணெய் போன்ற திரவ எரியைகளிலும்[24] அடங்கிக் கிடக்கின்றது. நிலக்கரி என்பது என்ன? பண்டைக் காலத்திலிருந்த காடுகள்தாம் காலப்போக்கில் நிலத்தினுள் அழுந்தி உரு மாறின. அவற்றைத்தான் நாம் நிலக்கரி என்று வெட்டி எடுக்கின்றோம். திரவ எரியைகள் யாவும் இப் பழைய மரங்களின் சாறுகளே யாகும். கதிரவன் ஆற்றலை உண்ட மரங்கள் யாவும் இவ்வாறு கரியாய், திரவ எரியைகளாய் மாறிய பின்னரும் அந்தப் பழைய பகலவன் ஆற்றல் அவற்றினுள்ளே அடங்கிக் கிடக்கின்றது. உன்னிப் பார்த்தால் இந்த ஆற்றல் ஒன்பது கோடி மைலுக்கு அப்பாலுள்ள கதிரவனிடமிருந்து வருகின்றது என்றும், காலத்தைக் கணக்கிட்டால் ஒன்பது கோடி யாண்டுகளுக்குமுன் இருந்து வருகிறது என்றும் அறிகின்றோம். இங்ஙனம் காலத்தாலும் இடத்தாலும் சேய்மையிலிருந்து வரும் ஆற்றல்தான் இன்று நம் எதிரே எரிந்து வெப்பமாகவும் ஒளியாகவும் வெளிப்படுவது வியப்பே யன்றோ? ஆற்றலோ உலகில் அழிவதும் இல்லை; புதிதாக ஆவதும் இல்லை. அது மாறி மாறிப் போய்க் கொண்டேயிருக்கும். இது இயற்கையின் நியதி. ஆதலின், மரத்தின் உள்ளே அன்று புகுந்த ஆற்றல் அங்கேயே உறைந்து கிடக்கின்றது. அவ்வாறு உறைந்து கிடக்கும் ஆற்றல்தான் நம் உடலினுள்ளோ வெளியிலோ எரிதல் நிகழும்பொழுது உருகி வழிகின்றது. நாம் மீண்டும் சூட்டையும் பெறுகின்றோம்; ஒளியையும் அடைகின்றோம். எரிதல் நிகழுங்கால் பொதுவான இயக்கம் மாறி மிகுதியான இயக்கம் பிறக்கின்றது. நிலையில் பிறழ்ச்சி தோன்றுகிறது; அவ்வளவுதான்.

ஆற்றலின் மூலம்: கதிரவனே ஆற்றல்கள் அனைத்திற்கும் மூலம் என்பதை நாம் அறிகின்றோம்; அறிவியல் ஆராய்ச்சியால் இவ்வுண்மை புலனாகின்றது. தாவரங்களின்

[24] திரவ எரியைகள் - liquid fuels.

ஒளிச் சேர்க்கையால்தான் பல்வேறு ஆற்றல் பொருள்கள் தோன்றுகின்றன என்பதையும் அறிகின்ரேம். கதிரவன் - தான் இவ்வுலக வாழ்க்கைக்கு உயிர்நாடியாக அமைகின்ருன். இந்த அறிவியல் உண்மையினை அனுபவ இயலாகக் கண்ட இளங்கோ அடிகள் என்ற கவிஞர் பெருமான்,

ஞாயிறு போற்றுதும் ஞாயிறு போற்றுதும்
காவிரி நாடன் திகிரிபோல் பொற்கோட்டு
மேரு வலந்திரித லான்.[25]

என்று தான் இயற்றிய காவியத்தில் மங்கல வாழ்த்துப் பாடலாக வெளியிட்டார். 'கைபுனைந்தியற்ருக் கவின்பெறு வனப்பில்' ஊறித் திளைத்த நக்கீரர் பெருமானும்,

உலகம் உவப்ப வலனேர்பு திரிதரு
பலர்புகழ் ஞாயிறு[26]

என்று தம் திருமுருகாற்றுப் படையைத் தொடங்குகிருர். 'உலகத்திலுள்ள பல்லுயிர்களும் மகிழ, யாவர்க்கும் நேராகச் சுழலும் தனது ஒளியால் காட்சியின் பயன் கொள்வார் பலரும் புகழும் ஞாயிறு' என்பது இதன் பொருள். 'உலகம்' என்பது சீவான்மாக்களை உணர்த்துகிறது ; 'பலர்' என்பது எல்லாச் சமயத்தினரையும் குறிக்கின்றது. ஆற்றலின் மூலமாக—ஆதிமூலமாக—விளங்கும் கதிரவனே பொங்கல் விழாவின் கடவுளாக—உழவர்கள் உவந்து போற்றும் தலைவனாக—விளங்குகிருன். ஒவ்வோர் ஆண்டிலும் உழவின் பயனாகப் புதிதாகப் பெற்ற பொருள்களை ஆண்டவன் திருவடியில் காணிக்கையாக வைத்துத் தம் நன்றியைப் புலப்படுத்திக் கொள்ளுகிருர்கள் உழவர்கள்; பொங்கல் விழாவினைப் பூரிப்புடன் கொண்டாடுகின்றனர். இயற்கை வாழ்வில் தோய்ந்த தமிழர்களின் பொங்கல் விழா அறிவியல் உண்மைகள் அடங்கிய ஒரு பெருவிழாவாக ஆண்டுதோறும் நடைபெற்று வருகின்றது.

கதிரவன் காய்தலால் கால்தெறிக்க தலைசுட நடக்கும் தமிழர்களுக்கு வெய்யோனின் நினைவுதான் உடனே எழும்.

[25] சிலப்பதிகாரம்—மங்கல வாழ்த்துப் பாடல் வரி (4–6)
[26] திருமுரு - வரி (1-2).

அறிவியலறிஞர்கள் இக் கதிரவனை ஒரு நெருப்புக் கோளம் எனப் பேசுகின்றனர்; அது வீசும் சூட்டினையும் கணக்கிட்டிருக்கின்றனர். சூரியனுடைய மேற்பரப்பில் ஒவ்வொரு சதுர அங்குலமும் ஒவ்வொரு விநாடியிலும் ஐம்பது குதிரையோட்டம் அளவுள்ள ஆற்றலை வெளியே வீசுகின்றது. எடைக் கணக்கில் பார்த்தால் ஒவ்வொரு சதுர அங்குலமும் ஒரு நூற்றாண்டு வரை இப்படி ஆற்றலைக் கக்கிக்கொண்டே வந்தாலும் $\frac{1}{20}$ அவுன்சுக்கு மேலாக இதன் பரப்பின் எடை கெடுவதில்லை. இவ்வளவுதானா என ஏளனம் செய்ய வேண்டாம். சூரியனது பரப்பு முழுவதையும் கணக்கிட்டால் நமக்கே அச்சம் வருகிறது; ஒவ்வொரு விநாடிக்கும் நாற்பது இலட்சம் டன் அளவு தேய்ந்து ஒழிகிறது! கதிரவன் முழுவதும் தேய்ந்து அழிந்தால் நம் பூமியின் நிலை என்ன? நம் கதி என்ன? நல்லகாலம்! கதிரவன் மிகப் பெரியவன். கவலையே வேண்டாம். நம் தலைமுறையில் அச்சம் ஒன்றும் இல்லை; ஏன், கோடி தலைமுறைக்கும் அஞ்ச வேண்டுவதில்லை. 15×10^{12} ஆண்டுகள் ஆனால்தான் சூரியன் அடியோடு தேய்ந்து அழியக்கூடும். ஒருநாளில் இந்த வகையில் கதிரவன் 31×10^{10} டன் எடையை இழக்கின்றான். ஆனால், சூரியனைவிட தொலைவிலுள்ள நட்சத்திரங்கள் இதனைவிட மூன்று இலட்சம் மடங்கு மிகுதியான ஆற்றலை வீசி எறிந்து தேய்கின்றன.

ஒளிச் சேர்க்கை ஆராய்ச்சி: ஒளிச் சேர்க்கை இன்றேல் தாவர உலகம் இல்லை. தாவரங்களின்றி பிராணி யுலகமும் இல்லை. சுருங்கக் கூறின், ஒளிச் சேர்க்கை நடைபெறாவிடில் இவ்வுலகம் பாழிடமாகத்தான் இருக்கும்; உயிர் வாழ்க்கையே நடைபெறாது. ஒளிச் சேர்க்கை எளிதாக நடைபெறும் செயலாக இருப்பினும், அதனை மனிதன் செயற்கை முறையில் முற்றுப்பெறச் செய்ய இயலாது; அதனைப் புரிந்துகொள்ளவும் முடியாது. அது நடைபெறும் தன்மை மனிதனுக்கு நன்கு புரிந்துவிட்டால், மனிதனால் அதனை அபிவிருத்தி செய்ய இயலும்; இப்புவியில் நாடோறும் பல்கிப் பெருகிவரும் மக்கட் தொகைக்கேற்ப இயற்கையிலுண்டாகும் உணவு உற்பத்தியைப் பெருக்கிக்

கொள்ளவும் இயலும். அதிகம் முடியாவிட்டாலும், ஒளிச் சேர்க்கையில் நடைபெறும் எதிர்வினையை[27] இரட்டிப்பாக்கி கதிரவன் ஒளியிலிருந்து பச்சிலைகள் தடையின்றி உண வினை உற்பத்தி செய்ய இயலும். பச்சிலைகள் வெய்யோனிடமிருந்து பெறும் ஆற்றலைப் பயன்படுத்துகின்றன; ஆனால், அவை மிகத் திறமையாகப் பயன்படுத்துவதில்லை. நெல் வயலிலும் புல்வெளிகளிலும் காலும் கதிரவன் ஆற்றலில் ஒரு சதவிகிதத்திற்குக் குறைவாகவே உணவு உற்பத்தியில் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றது. இதை அபிவிருத்தி செய்வதற்கு இடம் இருக்கின்றது. நண்பகலில் தாவரங்கள் உறங்கத் தொடங்குகின்றன. இந்த வேளையில்தான் நல்ல சூரிய ஒளி இருக்கிறது. இப்பொழுது தாவரங்கள் உறங்காமல் உணவு தயாரிக்கச் செய்யக் கூடுமானால், நம் உணவுப் பொருள் உற்பத்தி அதிகரிக்கக் கூடும். இதைச் செய்வதற்குக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் நமக்குப் பெரிதும் பயன்படக்கூடும்; எதிர்காலத்தில், வரும் நூற்றாண்டுகளில், மக்கள் பெருக்கத்திற்கேற்ப இவ்வாராய்ச்சி மிகவும் இன்றியமையாத செயலாகவும் மாறலாம்.

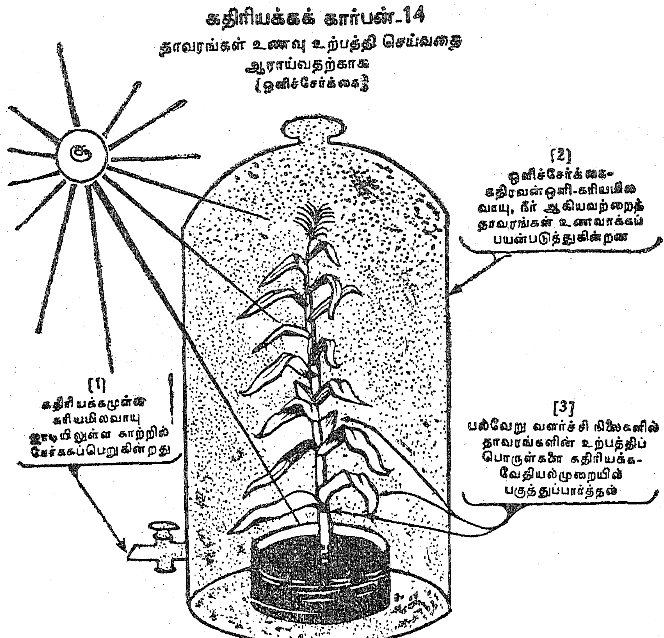
எனவே, மிகவும் அவசரமாக இராவிட்டாலும் ஒளிச் சேர்க்கைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியை வழி-துலக்கி முறையை[28] மேற்கொண்டு தொடங்குவது மிகவும் அவசியமாகிறது. இன்று இவ்வாராய்ச்சி பல நாடுகளில் பல ஆராய்ச்சி நிலையங்களில் நடைபெற்று வருகின்றது. ஒளிச் சேர்க்கையின் இரகசியங்களை யறிவதில் ஆய்வாளர்கள் துடித்து நிற்கின்றனர். அந்த இரகசியங்களை அறிந்து ஒளிச் சேர்க்கையை விரைவாக நடைபெறவோ புதிய சத்துள்ள பொருள்களை உண்டாக்கவோ மனிதன் கற்றுக்கொண்டு விட்டால், உலகில் என்றுமே உணவு நெருக்கடி நேரிடாது செய்து விடலாம்.

அணு உலையிலிருந்து கதிரியக்கக் கார்பனை உண்டாக்குதல் எளிது. இதிலிருந்து கதிரியக்கக் கரியமில வாயுவை

[27] எதிர்வினை – reaction.

[28] வழி-துலக்கி முறை - tracer method

உண்டாக்கி விடலாம். இக்கரியமில வாயுவின் ஒரு சிறு பகுதியைச் சாதாரண கரியமில வாயுவுடன் கலந்து தாவரங்களுக்குத் தரப்பெறுகின்றது. ஒரு மணி சாடியிலுள்ள தாவரத்திற்கு இவ்வாறு கரியமில வாயுவை அனுப்பலாம்;



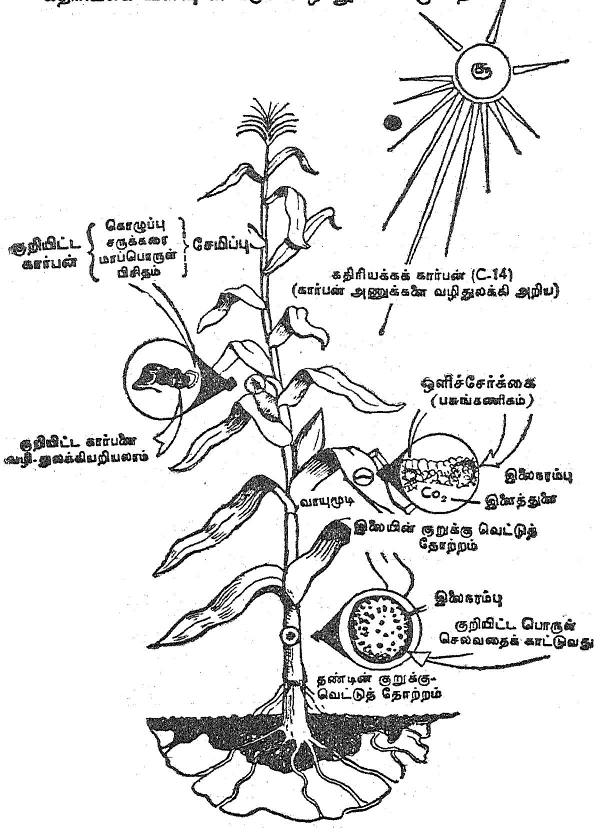
படம் 38

இச்சோதனையால் (i) உயிர்க்கிரியைகளின் விரைவையும் (ii) உணவுகளின் உற்பத்தியில் இடைநிலைப் படிகளையும் (iii) இலைப்பச்சையத்தின் பங்கினையும் அறிய முடிகின்றது.

இது போன்ற பெரிய அமைப்பிலுள்ள பல தாவரங்களுக்கும் இந்தஏற்பாட்டை அமைக்கலாம். (படம்-38). இலைகள் பாகுபாடின்றி கதிரியக்கக் கரியமிலவாயுவினையும் பயன்படுத்து

கின்றன. இதனால் அவையும் கதிரியக்கமுள்ளவையாக மாறு கின்றன. இலையிலுள்ள வழி - துலக்கிப் பொருள் இலையி லிருந்து தண்டிற்கும், தண்டிலிருந்து வேருக்கும் செல்வதை

கதிரியக்க உளவு காட்டும் வழி-துலக்கி முறை



படம் 39

எளிதில் அறிந்து கொள்ளலாம். இதனால் தாவரங்கள் காற்றினால் ஆனவையேயன்றி மண்ணினால் ஆனவை அன்று

என்பது உறுதிப்படுகின்றது. இவ்வாறு தாவரங்கள் தயாரிக்கும் கதிரியக்கப் பொருள்களைப் பிரித்தெடுத்து, தூய்மைப்படுத்தி வழி-துலக்கிகளாகப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. (படம்—39). பெரும்பாலும் அவை மருத்துவத் துறையிலும் சத்துணவு ஆராய்ச்சியிலும் பயன்படுகின்றன. இந்த ஆராய்ச்சி இன்று அமெரிக்காவில் பல இடங்களில் நடைபெற்று வருகின்றது.

ஒளிச்சேர்க்கை ஆராய்ச்சி முதன் முதலாக கலிபோர்னியா[29] பல்கலைக்கழகக் கதிரியக்க ஆய்வகத்தில் தொடங்கப்பெற்றது. அங்குள்ள சுழலினியில் கதிரியக்கக் கார்பன்-11-ம் கார்பன்-14-ம் உண்டாக்கப்பெற்றன. கார்பன் உயிர் வேதியல் கிரியை ஒவ்வொன்றிலும் பங்கு கொள்கிறது. தாவரங்களும் சாதாரண கார்பனைப் பயன்படுத்துவதைப் போலவே, கதிரியக்கக் கார்பனையும் பயன்படுத்துகின்றன. கார்பன்-14ன் அரை-வாழ்வு 5900 ஆண்டுகளாக இருப்பதால் அது ஒளிச்சேர்க்கை ஆராய்ச்சியில் சிறந்ததொரு ஆராய்ச்சிச் சாதனமாக அமைகின்றது, சுழலினியில் முதன் முதலாக உண்டாக்கப் பெற்றபொழுது இது அரிதாகவும் இருந்தது; விலையும் அதிகமாக இருந்தது. ஆனால், இது போரின் இறுதிக் காலத்திலிருந்தே ஓக் ரிட்ஜ் என்ற இடத்திலுள்ள அணு உலையிலிருந்து அதிகமாக உற்பத்திசெய்யப் பெறுவதால் மலிவாகக்கிடைக்கின்றது.

இந்த ஆராய்ச்சியில் கரியமில வாயுவிலிருந்து சருக்கரையும்[30] மாப்பொருளும்[31] உண்டாவதற்கு முன் எந்த வேதியல் இயைபுப் பொருள்களில் கதிரியக்கக் கார்பன் இருக்கிறது என்பதை ஆராய்ந்தனர். தொடக்கத்தில் மிகச் சிக்கலான அமைப்பைக் கொண்ட இலைகளை எடுத்துக் கொள்ளாமல் பாசிவகைகளைச்[32] சேர்ந்த குளோரெல்லா[33] என்ற ஒற்றை உயிரணுக்களைக் கொண்ட பச்சைத் தாவரங்கள் மேற்கொள்ளப் பெற்றன. இந்த உயிரணுக்கள் விரைந்து

[29] கலிபோர்னியா - California. [30] சருக்கரை – sugar.
[31] மாப்பொருள்-starch. [32] பாசி வகைகள்-species of algae.
[33] குளோரெல்லா - chlorella.

செயலாற்றுகின்றன. கதிரியக்கக் கரியமிலவாயுவில் ஒரு நிமிடம் வைத்திருந்தால் அவற்றில் தனித் தனியாக ஐம்பது சேர்க்கைப் பொருள்கள் உண்டாகின்றன ; இவை ஒவ்வொன்றிலும் கதிரியக்கக் கார்பன் இருக்கின்றது. இரண்டு நிமிடங்களுக்குப் பிறகு மிகச் சிக்கலான பிசிதங்களிலும் கொழுப்புக்களிலும்கூட வாயுமண்டலத்திலிருந்து பெற்ற புதிய கார்பன் காணப்பெறுகின்றது. இத்தாவரங்களை ஒன்று அல்லது இரண்டு விறுடிகள் மட்டிலும் கதிரியக்கக் கரியமில வாயுவிலும் கதிரவன் ஒளியிலும் வைத்தால், புதிய கார்பனைக்கொண்டே இரண்டு அல்லது மூன்று சேர்க்கைப் பொருள்கள்தாம் உண்டாகின்றன. இவை மிகச் சிக்கலான பாஸ்போகிளிசெரிக் அமிலங்களாக[34] மாறுகின்றன. பச்சை உயிரணுக்களிலுள்ள இவை காற்றிலுள்ள கரியமில வாயுவையும் ஒளியிலுள்ள ஆற்றலையும் இலைப்பச்சையம்[35] ஏற்றுக்கொள்ளத் துணை செய்கின்றன. இதுகாறும் இவ்வளவுதான் அறியப் பெற்றுள்ளது. கரியமில வாயுவிலிருந்து உயிரியம் எவ்வாறு விடுவிக்கப்பெறுகின்றது என்பதும், கார்பன் எவ்வாறு தாவர வளர்ச்சிக்குப் பயன்படுகிறது என்பதும் இன்னும் அறியக்கூடவில்லை. படிப்படியாக இந்த எளிய - ஆனால் சிக்கலான - எதிர்வினை பகுத்துப் பார்க்கப் பெற்று[36] வருகின்றது. என்றுவது ஒருநாள், இது தெளிவாகப் புலனாகித்தான் தீரவேண்டும். மிக விரைவில் கதிரியக்கக் கார்பன் முழுக் கதையையும் வெளிப்படுத்தத்தான் செய்யும்.

உயர்வகைத் தாவரங்கள் : கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியைப் பயன்படுத்தி வியத்தகுஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பெற்றுள்ளன. சிலவகைக் கதிர்களால் உயிரினங்களில் சிலவகை மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன என்றும், அவை குடிவழியாக இறங்கக்கூடியவை என்றும் அறிவியலறிஞர்கள் நீண்ட நாட்களாகவே அறிந்திருந்தனர். இம்மாறுபாடுகளைச் ‘ சடுதி மாற்

[34] பாஸ்போகிளிசெரிக் அமிலங்கள் - phosphoglyceric acids. [35] இலைப்பச்சையம் - chlorophyll. [36] பகுத்துப்பார் - analyse.

றங்கள்'[37] என்று குறிப்பிடுவர். புரூக்ஹேவன் தேசீய ஆராய்ச்சி நிலயத்தில் ஓட்ஸ் என்ற ஒருவகைத் தானியத்தில் பொது இயல் மின்னிகளேச் செலுத்திப் பயிர் செய்து துருநோய்[38] என்ற ஒருவகைத் தாவர நோயினுல் பாதிக்கப் பெருத புதுவகை ஓட்ஸைப் படைத்துள்ளனர். இவ்வகைத் தானியத்தை உண்டாக்க ஒன்றரை ஆண்டுகள் ஆயின. பழைய பயிரிடு முறைகளேக் கையாண்டு இத்தகைய விதையை உண்டாக்க முயன்றிருந்தால் குறைந்தது பத்து ஆண்டுக் காலமும், அதிகச் செலவும் ஆயிருக்கும். பிளாரிடா[39] மாகாணத்தில் குளிர் காலத்தில் இலேகளே அழிக்கும் ஒருவகை நோயினுல் பயிர்கள் பாதிக்கப் பெறுகின்றன. இதனுல் ஆண்டுதோறும் சுமார் 25,000 ஏக்கரிலுள்ள பயிர்களில் கிருமி நாசமருந்து தெளிக்க வேண்டியுள்ளது. இந்த நோயினுல் தாக்கப்பெருத தானிய வகையாக இருந்தால் இவ்வளவு செலவில் மருந்துதெளித்தலே மேற்கொள்ள வேண்டியதில்லை.

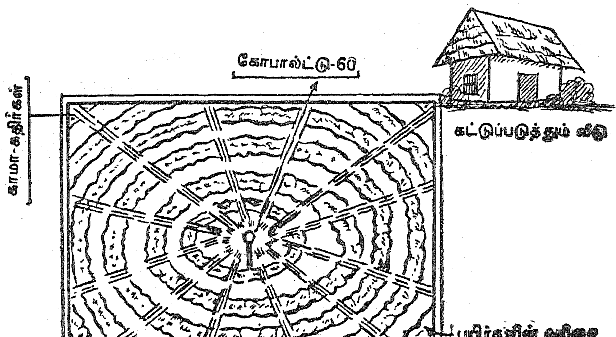
கோடையில் புரூக் ஹேவனில் தானிய விதைகளின்மீது அணுக்கதிர்களே வீசச்செய்து அடுத்த குளிர் காலத்தில் இந்த விதைகள் பிளாரிடாவில் பயிர் செய்யப் பெறுகின்றன. எனவே, ஓராண்டிற்குள் விதைகளுக்கு நோயை எதிர்க்கும் ஆற்றல் ஏற்பட்டிருக்கின்றதா என்பதைச் சோதித்துவிட முடிகிறது. நோய் எதிர்ப்பு ஆற்றல் போன்ற சடுதி மாற்றங்கள் இயற்கையில் மெதுவாகவே ஏற்படுகின்றன. அணுக்கதிர் வீசலால் இம்மாற்றங்களே விரைவில் ஏற்படுத்த முடிகின்றது.

சடுதி மாற்றங்களினுல் அதிக விளேச்சல் தரக்கூடிய புதிய வகைத் தாவரங்களேயும் உண்டாக்க முடியும். அமெரிக்காவில் ஏக்கருக்கு 30 சத வீதம் அதிகமாக விளேச்சல் தரக்கூடிய ஒரு வகைக் கடலே[40] உற்பத்தி செய்யப்பெற்றுள்ளது; இயந்திரங்களால் அறுவடை செய்யக்கூடிய அளவுள்ள பருமனும் வடிவமும் உடைய மற்ருெரு வகைக்

[37] சடுதி மாற்றங்கள் - mutations. [38] துருநோய் - rust.
[39] பிளாரிடா - Florida. [40] கடலே - pea nut.

கடலையும் உண்டாக்கப் பெற்றுள்ளது. கதிரியக்கத்தால் உண்டாக்கப்பெறும் மாறுபாடுகள் யாவும் விரும்பத் தக்கனவாக இரா. ஒரு பண்ணையில் பயிர்கள்மீது அணுக்கதிர்கள் படுமாறு செய்யலாம்; அதனால், விரும்பத்தக்க மாற்றங்களையடைந்த தாவரங்களை மட்டிலும் தேர்ந்தெடுக்கலாம். ஒரு சிறந்தவகைத் தாவரம் கிடைப்பதற்குள் நூற்றுக் கணக்கானவற்றைக் கழித்து விடவும் நேரிடும்.

'காமா நிலம்'[41] என்ற ஏற்பாடு (படம் - 40.) பண்ணையிலுள்ள தாவரங்கள்மீது கதிர்களை விழச் செய்வதற்கு செய்யப்பெறும் ஒரு வழியாகும். மூன்று ஏக்கர் நிலத்தின் நடுவில் கறை பிடிக்காத எஃகுக் குழாய் ஒன்றில் சிறிதளவு கோபால்ட்டு-60 ஐ வைத்து மூடி வைப்பர். இப்பயிர் நிலத்தின் ஒரு மூலையிலுள்ள கட்டுப்படுத்தும் வீட்டிற்கும் கோபால்ட்டு-60 க்கும் இடையே கம்பிகள் மூலம் இணைப்பு உள்ளது. கோபால்ட்டு-60 ஐ ஒரு காரீயக் கவசத்தில்



படம் 40

வைத்து பூமிக்குள் தாழ்த்தும் வரை அந்தப் பயிர் நிலத்தில் யாரும் நுழைவதில்லை. தாவரங்களிடம் சடுதி மாற்றங்களை விளைவிக்கும் இந்தக் கதிர்கள் மனிதர்களுக்குத் தீங்கு செய்

41 காமா நிலம் - gamma field.

யக்கூடும். 10 ஏக்கர் பரப்புடைய ஒரு தோட்டத்தின் நடுவில் அணுக்கதிர் வீசும் பொருளை அமைத்து அங்கு வளரும் பலவகை மரங்கள், செடிகள், கொடிகள் மீது அணுக்கதிர்களை விழச் செய்கின்றனர். விசித்திரமான பழங்கள் உண்டான கிளைகளை வெட்டிச் சாதாரணமான தாவரங்களுடன் ஒட்டுதல் முறையால்[42] இணைத்து விடுவர்.

நுட்பமான தாவரங்களான காளான் போன்றவைகளில் ஏற்படும் மாறுபாடுகளும் மனிதருக்கு உதவக் கூடும். இன்று தயாராகும் பென்ஸிலின்[43] என்ற மருந்தில் பெரும் பகுதி ஒரு சிறந்த வகைக் காளானிலிருந்து உண்டாக்கப் பெறுகின்றது. இந்தக் காளான்வகை அணுக்கதிர்களால் சடுதி மாற்றம் அடைந்த ஒருவகை உயிராகும். இவ்வாறு செயற்கை முறையில் தாவர மாறுபாடுகளைச் செய்தல் உழவுத் துறையில் ஒரு புது யுகத்தைத் தொடங்குகிறது. இந்த முறையில் புதிய சிறந்த வகைத் தாவரங்களைப் படைக்கக் கூடுமென நம்பவும் இடம் உண்டு.

தாவர நோய்கள்பற்றிய ஆராய்ச்சி : கடந்த ஒரு சில ஆண்டுகளாக தாவரங்களுக்கு ஏற்படும் நோய்கள்பற்றியும், பைங்கூழ் வளர்ச்சிக்குத் தடையாகவிருக்கும் களைகளை அழித்தல்பற்றியும், தாவரங்களுக்குப் பூச்சிகளால் நேரிடும் அழிவுபற்றியும் ஆராய்ச்சி நடைபெற்று வருகின்றது. இந்த ஆராய்ச்சியில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பெரிதும் பயன் படுகின்றன. பயிர்களுக்கு நேரிடும் நோய்கள் முதலிய வற்றால் உழவர்களுக்குப் பெரிய அளவில் சாகுபடியில் நஷ்டம் உண்டாகிறது. பொடிகள், திரவங்கள் வடிவத்திலுள்ள ஒரு சில பூச்சிக் கொல்லிகள் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி இத்தகைய இழப்பைக் குறைக்கலாமெனினும், அதைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கு சதா ஏதாவது அபிவிருத்தித் திட்டங்கள் நடைபெற்றுக் கொண்டே இருக்கவேண்டியுள்ளது. சில நோய்களையும் பூச்சிகளையும் நச்சு மருந்துக்கள் ஒன்றும் செய்வதில்லை; அவற்றை எதிர்த்து நிற்கும் ஆற்றல்

[42] ஒட்டுதல் முறை - grafting.

[43] பென்ஸிலின் - pencillin.

அவற்றிடம் அமைந்துள்ளது. களைகளைக் கொல்லும் திறனும் வேதியற் பொருள்களிடம் ஓரளவுதான் அமைந்துள்ளது. பூச்சிகளைக் கொல்லும் மருந்துக் கலப்பின் வேதியல் அமைப்பில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்தி, அம்மருந்துக்களின் அடிப்படைச் செயலையும், அவற்றின் நன்மைகளையும் பயன்படும் எல்லைகளையும்பற்றிய தெளிவான அறிவை ஆய்வாளர்கள் பெறுகின்றனர். அம் மருந்துக்கள் மிகக் குறைவான அடர்வில்[44] பயன்படுத்தப் பெறுவதால் அவற்றை வேறு முறைகளில் துப்பறிவதில் கஷ்டம்; முடியாதென்றே சொல்லலாம். கதிரியக்க ஓரிடத் தான்கள் இதற்குப் பிரத்தியேகமாகப் பயன்படுகின்றன.

களைகளை அழிக்கும் மருந்துக்கள் யாவும் வேதியற் பொருள்களே. அவை குறுகிய இலைகளையுடைய புற்களுக்குத் தீங்கு பயவாமல் அகன்ற இலைகளையுடைய களைகளை மட்டிலும் அழிக்கின்றன. தானியங்களை[45] விளைவிக்கும் தாவரங்கள் யாவும் குறுகிய இலைகளையுடையவை. அகன்ற இலைகளையுடைய தாவரங்கள் அழிவதற்கும், குறுகிய இலைகளையுடையவை தீங்கின்றி இருப்பதற்கும் இப்பொழுது காரணம் கண்டறியப்பெற்றுள்ளது. அகன்ற இலைகளில் மருந்துக்கள் பட்டதும் அவை இலைகளால் விரைவாக உட்கிரகிக்கப் பெறுகின்றன; இரண்டு மணிநேரத்திற்குள் தாவரங்களின் எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் அவை ஊடுருவிச் செல்கின்றன. ஆனால், குறுகிய இலைகளையுடைய தாவரங்களில் அவை பட்ட இடங்களில் அப்படியே தங்கி விடுகின்றன; அதற்குமேல் சிறிதும் நகர்வதில்லை. இன்னும் சில பூச்சிக் கொல்லிகள் தாவரங்களின்மீது துளிகளாகப் பீச்சப் பெற்றதும் அவை தாவரங்களின் சாறுகளை உறிஞ்சும் பூச்சிகளைக் கொல்லுகின்றன. கதிரியக்க ஓரிடத்தான் ஆராய்ச்சிகளால் இந்தப் பூச்சிக் கொல்லிகள் பகற்காலத்தில் தாவர இலைகளால் உட்கிரகிக்கப் பெறுகின்றன என்றும், அதுவும் இலைகளின் அடிப்புறங்களில் அவ்வாறு கிரகிக்கப் பெறுகின்றன என்றும் அறியக் கிடக்கின்றன.

[44] அடர்வு - concentration. [45] தானியங்கள் - cereals.

ஈக்கள்[46], கொசுக்கள்[47], வெட்டுக்கிளிகள்[48] போன்ற பூச்சிகளையும் கதிரியக்க முடையவைகளாகச் செய்து விடுகின்றனர் அறிவியலறிஞர்கள்! அவற்றிற்குக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கொண்ட பொருள்களை உண்பித்து அவ்வாறு அடையாள மிடுகின்றனர். இதனால் அவற்றின் பழக்கங்கள் மாறிவிடுகின்றன; பறக்கும் எல்லையும் முறையும் மாறி சிறந்த கட்டுப்பாட்டிற்குள் வருகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, ஒரு வகையான பெரிய ஈக்களில் 15000-க்குக் கதிரியக்கமுள்ள பாஸ்வரம் கலந்த பானம் கொடுக்கப் பெற்றது. இதனால் அந்த ஈக்களின் உடலில் கதிரியக்க முள்ள அணுக்களைக்கொண்டு அவற்றை மறுபடியும் அடையாளம் கண்டறிய முடியும். அவற்றை ஓரிடத்தில் திறந்துவிட்டு அங்கிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களில் பொறி களை அமைத்து அவற்றில் சிக்கிய ஈக்களைச் சோதித்தனர். இந்த ஈக்கள் ஒருநாளில் 4 மைல் செல்லக்கூடும் என்பது தெரிந்தது. பண்ணையில் ஈக்களை விடுவித்த இடத்திலிருந்து சில ஈக்கள் மொத்தம் 28 மைல் தூரம் சென்றிருந்தன. இவ்வாறு பூச்சிகளின் வாழ்க்கை இயல்புகளைப்பற்றி அதிகம் தெரிந்து அவைகளை எதிர்க்கத்தக்க சிறந்த வழிகளை அறிவியலறிஞர்கள் கண்டு வருகின்றனர். சில பூச்சிகளைப் பூச்சிக் கொல்லிகள் பாதிக்காமலிருப்பதற்கும் காரணம் கண்டறியப்பெற்றிருக்கின்றது. அவை நச்சுத்தன்மை யுடைய பொருள்களை நச்சுத்தன்மை யற்றவையாக மாற்றி விடுகின்றனவாம். புதிய பூச்சிக் கொல்லிகளைக் கண்டறிய வும், உடனே அவைகளை யழிக்கும் மருந்துக்களைக் காணவும் இவ்வறிவு வழி காட்டுகின்றது. இதுபற்றிய ஆராய்ச்சியால் எதிர்காலத்தில் நிறைந்த பயன்விளையும் என்று நாம் எதிர் பார்க்கலாம். இன்று அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளில் பல இடங்களில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்திப் புழுக்கள், வண்டுகள், அந்துப் பூச்சிகள் முதலிய பூச்சிப் பீடைகளின் வாழ்க்கை இயல்புகள் ஆராய்ந்து அறியப் பெற்று வருகின்றன.

---

[46] ஈக்கள் – flies. [47] கொசுக்கள் - mosquitoes.
[48] வெட்டுக்கிளிகள் – locusts.

கால்நடைப் பண்ணை முதலியவை: உழவர்களுக்குப் பல விதங்களில் உறுதுணையாக இருப்பவை கால் நடைப் பண்ணை, கோழிப்பண்ணை முதலியவை. பிராணிகளின்மீது கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்பெறும் சில சோதனைகள் உணவு உற்பத்தியைப் பெருக்க உதவு கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஒக் ரிட்ஜ் என்னுமிடத்தில் ஓர் அறிவியலறிஞர் கோழிகள் முட்டையிடுவதைப்பற்றி ஆராய்ந்தார். கதிரியக்கமுள்ள உணவு கோழிகளுக்கு ஊட்டப்பெற்றது. இதில் ஒரு பகுதி சுமார் நாற்பது நாட் களுக்குப் பிறகு இடப்பெற்ற முட்டைகளில் காணப்பெற்றது. கோழியின் வயிற்றில் முட்டை உண்டாவதற்குச் சுமார் எட்டு நாட்கள்தாம் ஆகின்றன. ஆனல். மேற்கூறப்பெற்ற சோதனையிலிருந்து சுமார் ஒரு மாதத்திற்குமுன் ஊட்டப் பெற்ற உணவின் பகுதி இப்பொழுது உண்டாகும் முட்டை யில் அமையக்கூடுமெனத் தெரிகின்றது. முட்டைகள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்பதைப்பற்றி அறிவியல் அறிஞர்கள் காணும் முடிவு கோழி முட்டைகளின் உற்பத்தி யைப் பெருக்குவதற்குத் துணைபுரியக் கூடும் என்று நம்பப் பெறுகின்றது.

பன்றிகளையும் கோழிகளையும் கொழுக்க வைக்கும் ஒரு புதிய மருந்து கண்டறியப்பெற்றிருக்கின்றது. இந்த மருந்தினை உண்ட பன்றிகளின் புரிசைச் சுரப்பிகள் மந்த மடைந்து குறைந்த வேகத்துடன் இயங்குகின்றன. இதனால் பன்றிகள் வழக்கமாக உண்ணும் அளவு உணவையே உண்டபோதிலும் விரைவாகவும் கொழுப்பாகவும் வளர் கின்றன. இந்த மருந்தினை உண்ட பன்றிகளின் இறைச்சி யிலும் கோழிகளின் முட்டையிலும் இந்த மருந்து இல்லை யென சோதனைகள் மூலம் உறுதிப்பட்டது. ஆகவே, பண்ணையாளர்கள் இம்மருந்தினைப் பயன்படுத்தி பன்றி களையும் கோழிகளையும் கொழுக்க வைக்கின்றனர். இங்ஙனமே, பசுக்களின் புரிசைச் சுரப்பிகளை [49] மந்தமாக இயங்கச் செய்வதற்கு மற்றொரு வகை மருந்தினைக் கண்டறிந் துள்ளனர். இதனை உண்ட பசுக்கள் மந்தமான இயல்பை

[49] புரிசைச் சுரப்பி - thyroid gland.

அடைகின்றன; வேறு வழிகளில் செலவழியும் அதன் ஆற்றல், அதிக அளவு பாலை உண்டாக்குவதில் பயன் படுகின்றது. கதிரியக்க அயோடினைப் பசுக்களுக்குக் கொடுத்து இவ்விளைவினைக் கண்டறிந்துள்ளனர். இன்றும் எளிய தீவனங்களை உபயோகித்துப் பசுக்கள் எவ்வாறு பாலை உண்டாக்குகின்றன என்பதைக் கதிரியக்க ஓரிடத் தான்களைக்கொண்டு அறியலாம். கோழிகளின் இறகுகள் உண்டாகும் முறை, ஆடுகளின் கம்பள, உரோமங்கள் உண் டாகும் முறை ஆகியவற்றைக் கண்டறிவதற்குக் கதிரியக்கக் கந்தகம் பயன்படுகின்றது. பண்ணையாளர்களின் வளம் உலக மக்களின் வளமாகும். இங்ஙனம் பல்லாண்டுகளில் விடைகாணக்கூடிய சில பிரச்சினைகளுக்கு சில மாதங்களில் அல்லது சில வாரங்களில் விடை காணமுடிகின்றது. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் இல்லையெனில் சில பிரச்சினை களுக்கு தீர்வு காணவே முடியாது என்றுகூடக் கூறலாம்.

கால்நடைப் பண்ணையில் தோன்றும் சில பீடைகளை ஒழிப்பதற்குக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பயன்படுகின்றன. ஆடுமாடுகளின் மேல்தோலிலுள்ள கீறல்களிலும் இடுக்கு களிலும் திருகு ஈக்களின் பெண்ணினங்கள் முட்டை யிடுகின்றன. முட்டைகளிலிருந்து வெளிப்படும் நெளி புழுக்கள் அந்த மிருகங்களின் சதையைத் தின்று கொடிய புண்களை உண்டாக்குகின்றன; சில சமயங்களில் இப் புண்களால் அந்த விலங்குகள் இறந்து விடுவதுமுண்டு. இந்த ஈக்களால் ஆண்டுதோறும் கோடிக்கணக்கான டாலர் மதிப்புடைய நஷ்டம் ஏற்படுகின்றது. கோபால்ட்டுக் கதிர் களைக் கொண்டு திருகு புழு ஈக்களில் ஆண் இனங்களை மலடாகச் செய்துவிடலாம். பெண் ஈக்கள் ஆண் ஈக்களுடன் ஒரே தடவைதான் கூடுமாதலின், மலட்டு ஈக்களுடன் கூடிய பெண் ஈக்கள் இடும் முட்டைகள் வளர மாட்டா. இவ்வாறு கணக்கற்ற மலட்டு ஆண் ஈக்களை விடுவிப்பதன் மூலம் இந்தப் பூச்சிப் பீடைகளை மிகவும் குறைத்து விடலாமென்று உழவுத் துறை அறிவியலறிஞர் கள்[50] நம்புகின்றனர்.

[50] உழவுத் துறை அறிவியலறிஞர்கள் - agrononist.

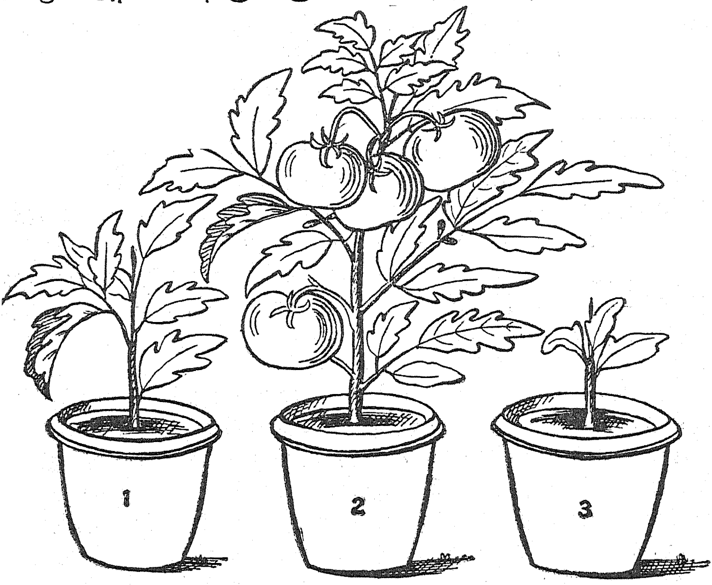
கால் நடைகளிடம் சோகை[51] போன்ற ஒரு நோய் ஏற்பட்டது. இந்த நோய் கால்நடைகள் மேயும் வயல்களின் மண்ணில் உள்ள ஏதோ ஒருவித வேதியற் பொருளால் அதிகமாகி வந்தது என்பது அறிவியலறிஞர்களுக்கு உறுதி யாய்த் தெரிந்தது. அங்குள்ள வேதியற் பொருள் ஒவ் வொன்றையும் கொண்டு சோதனைகள் நடத்தினர். அவை செல்லும் வழிகளை கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களால் துலக்கிக் கண்டனர். மண்ணில் உள்ள கோபால்ட்டு கால்நடைகள் தின்னும் புல்லின் வழியாக அவைகளினுள் சென்று இந்த நோயை விளைவித்தது என்பதை அவர்கள் அறிந்தனர்; அந்த வேதியற் பொருள் கால்நடையை எவ்வாறு தாக்கி நோயுறச் செய்தது என்பதை அவர்கள் நன்கு விளங்கிக் கொண்ட னர். இதன் பயனாக அந்நோய் தோன்றாமல் இருக்க ஒரு தடைமுறையும், நோய்க்கு ஒரு சிகிச்சை முறையும் கண்டறியப் பெற்றன.

இலவலேசத் தனிமங்கள்: நுண் சத்துப் பொருள்கள்[52] என்பவை தாவரங்களுக்கும் பிராணிகளுக்கும் ஊட்டம் அளிக்கும் தனிமங்கள். அவற்றின் வளர்ச்சிக்கு இவை மிகச் சிறிய அளவுகளில் (இலவலேச) தேவைப்படுகின்றன. இலவலேசத் தனிமங்கள்[53] என்ற சொற்றொடர் இத்தேவை யைக் குறிக்கின்றது; இத்தொடர் ஊட்டத் துறையைச் சார்ந்த ஒரு கலைச்சொல்லே யன்றி வேறொன்றுமல்ல. நுண் சத்துப் பொருள்கள்தாம் இலவலேசத் தனிமங்கள் என்று வழங்கப் பெறுகின்றன. அயம்[54], தாமிரம்[55], மாங்கனீஸ்[56], போரன்[57], மாலிப்டினம்[58], கோபால்ட்டு[59], அயோடின்[60], துத்தநாகம்[61] ஆகியவை இலவலேசத் தனிமங்களாக உள்ளன என்று கண்டறிந்திருக்கின்றனர். சில தாவரங்

---

[51] சோகை - anaemia. [52] நுண் சத்துப் பொருள்கள் - micro nutrients. [53] இலவலேசத் தனிமங்கள் - trace-elements. [54] அயம்-iron. [55] தாமிரம் - copper. [56] மாங் கனீஸ் - manganese. [57] போரன் - boron. [58] மாலிப்டினம் molybdenum. [59] கோபால்ட்டு - cobalt. [60] அயோடின் - iodine. [61] துத்தநாகம் - zinc.

களைக் கட்டுப்படுத்திய சோதனைகளுக்குள்ளாக்கி இந்த உண்மைகளை அறிந்திருக்கின்றனர். எடுத்துக்காட்டாக சீமைத் தக்காளிச்[62] செடிகளுக்கு துத்தநாகம் தேவையா என்று அறிவியலறிஞர்களும் காய்கறித் தோட்டக்காரர்



படம் 41

1 என்று குறியிட்ட செடி துத்தநாகம் குறைவாயுள்ள மண்ணில் நடப்பட்டது. 2 என்று அடையாளமிட்ட செடி சுமாரான அளவு துத்தநாகம் உள்ள மண்ணில் வளர்ந்தது. 3 என்று அடையாளம் இடப்பட்டுள்ள செடி மிதமிஞ்சிய துத்தநாகம் உள்ள மண்ணில் பயிரிடப்பெற்றது.

களும் அறிய விரும்பினர். அன்றியும், அவர்கள் செடியின் வளர்ச்சிக்கு மட்டிலும் தேவையா, அன்றி சாறு நிறைந்த செந்நிறக் கனியினுள்ளும் துத்தநாகம் செல்கின்றதா, அங்கிருந்து நம் குருதியோட்ட மண்டலத்திற்கும் அது செல்லுகின்றதா என்பவற்றையும் கூட அறிந்துகொள்ள விழைந்தனர்.

---

[62] சீமைத்தக்காளி - tomato.

சீமைத்தக்காளி நாற்றுக்களிலுள்ள செடிகளில் துத்த நாகக் கதிர் இயக்க ஓரிடத்தான்களை ஊசி குத்திப் புகுத்தினார்கள். அந்த நாற்றுக்கள் சில அங்குல உயரம் இருக்கும்பொழுது அவற்றில் துத்தநாகம் பரவியிருந்த இடத்தைக் கைகர் எண்-கருவியால் துலக்கி அறிந்தார்கள். சில நாட்களில் அச்செடிகள் முழு வளர்ச்சியினை எய்தியதும் செடிகளின் கிளைகள், இலைகள், தண்டுகள் முதலிய ஒவ்வொரு பகுதியிலும் கைகர் எண்-கருவியை நகர்த்தி அக்கருவியின் 'கிளிக்' ஓசையால் துத்தநாகத்தின் இருப்பை அறிந்தனர். இறுதியாக தக்காளிச் செடிகள் பூத்துக் காய்த்துப் பழுத்துக் கனிகளை ஈந்தன. அந்தக் கனிகளில் எண் கருவியை வைத்துப் பார்த்தபொழுது 'கிளிக்' ஓசை கேட்டது. கனிகளிலும் செடிகளில் குத்திப் புகுத்திய கதிரியக்கத் துத்தநாகம் இருக்கிறது. எனவே, சீமைத் தக்காளிப் பழத்தில் துத்தநாகம் இருக்கிறது என்றும், அது பழுப்பதற்குத் துத்தநாகம் இன்றியமையாதது என்றும் அறிகின்றோம். துத்தநாகம் அளிக்கப்பெறாத சீமைத் தக்காளிச் செடிகளைக் கவனித்தபொழுது அவை சிறந்த முறையில் கனிகளைக் கொடுக்கவில்லை என்பதும், அவை ஈந்த கனிகளிலும் சிறந்த ஊட்டச் சத்துக்கள் இல்லை என்பதும் தெரியவந்தன.

இலவலேசத் தனிமங்கள் இருக்கவேண்டிய அளவில் சிறிது குறைந்தாலும் தாவரங்கள் அதனை உடனே காட்டிவிடும். இதனை மாக்கால்லம் பிராட்டு ஆராய்ச்சி நிலையத்தில்[63] முதன்முதலில் கண்டறிந்தனர். தாவரங்கள் தம் வளர்ச்சிக்கு வேண்டிய இலவலேசத் தனிமங்களில் போதிய அளவு கிடைக்காவிட்டால் அவை வாடி நிறம் மாறிப் பட்டுப் போகின்றன. மூன்று சீமைத் தக்காளிச் செடிகளைப் பாதுகாப்பாகக் கட்டுப்படுத்தப் பெற்ற சூழ்நிலைக்கு உள்ளாக்கினர். முதல் செடியைத் துத்தநாகம் குறைவாகவுள்ள மண்ணில் நட்டனர். அது குன்றிக் குறுகி வளர்ந்தது. இரண்டாம் செடிக்கு சுமாரான அளவு துத்தநாகத்தை

[63] மாக்கால்லம் பிராட்டு ஆராய்ச்சி நிலையம்-Mc, Collum-Pratt Institute.

அளித்தனர். அது செழிப்பாகவும் முறையாகவும் வளர்ந்து நன்ருகக் காய்த்துப் பழுத்தன. மூன்ரும் செடிக்கு மிதமிஞ்சிய துத்தநாகந்தை அளித்தனர். அச்செடி முதல் செடியை விடக்கூட நன்ருக வளரவில்லை. (படம்-41). எனவே, துத்தநாகம் குறைந்தாலும், அளவில் அதிகப்பட்டாலும் அது தக்காளிச் செடியின் வளர்ச்சியைக் குன்றச் செய்கிறது என்பதனை அறிகின்ருேம். ஆராய்ச்சி மூலம் செடிகளுக்கு வேண்டிய துத்தநாக அளவினையும் நிர்ணயித்தனர். இச்செய்தியை மேலும் ஆராய்ந்தபொழுது வேருேர் உண்மையும் தெரிய வந்தது. செடிகள் வளர்வதற்கும், காய்த்துப் பழுப்பதற்கும் சிற்சில இலவலேசத் தனிமங்களே தேவையில்லை என்பதுதான் அது. எனினும், நாம் இத் தாவரங்களை உண்ண நேரிடுங்கால் நம்முடைய உடல் ஊட்டத்தின் பொருட்டு இவற்றில் சில குறிப்பிட்ட தனிமங்கள் இருப்பது இன்றியமையாதது. காய்கறிச் செடிகளுக்கு அயோடின் என்ற தனிமம் தேவையில்லை என்பது ஆராய்ந்து கண்ட உண்மைதான். ஆயினும், நம்முடைய புரிசைச் சுரப்பிக்காக நமக்கு அயோடின் அவசியம் வேண்டும். அதனை நாம் காய்கறிகளிலிருந்தும் நீரிலிருந்தும் உப்பிலிருந்தும் பெறுகின்ருேம். மண்ணிலும் நீரிலும் அயோடின் இல்லாமலிருக்கும் பகுதிகளிலுள்ள மக்கள் தொண்டைப்புறக் கழலை நோய்களினுல் பாதிக்கப் பெறுகின்றனர் என்பதை மருத்துவ நிபுணர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர்.

இலவலேசத் தனிமங்களின் செயலை ஆராய்வதற்குப் பற்பல வகையான தாவரங்களைப் பயன்படுத்தலாம். இத் தாவரங்களில் எவ்விதமான எதிர்வினைகள் நடைபெறுகின்றன என்பதைக் குறைந்த கால அளவில் தீர்மானித்து விடலாம். இங்ஙனம் கண்டறியப் பெற்ற செய்திகளை ஏற்றவாறு மனிதப் பிறவிகளிடமும் உபயோகப்படுத்திப் பார்க்கலாம். இதனுல் நற்பயன் கிட்ட வாய்ப்பு உண்டு. இத் துறையில் ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன. அவை முடிவுற்ற பிறகுதான் இலவலேசத் தனிமங்களின் முழுச் செல்வாக்கையும் நாம் அறிந்து கொள்ள இயலும்.

இந்த இலவலேசத் தனிமங்கள் தாவரங்களில் நகர்ந்து செல்லும் முறையினையும் அறிவியலறிஞர்கள் ஆராய்ந்துள்ளனர். இந்நகர்ச்சி தாவரங்களின் வளர்சிதைமாற்றச் செயல்களையும்[64] அவற்றின் உடற் கூறுபாட்டை[65] யும் பொருத்துள்ளது. ஒரு தாவரம் கரைந்த தாதுப் பொருள்களை[66] வேர்களிலிருந்து இலைகளுக்கு புவிஈர்ப்பு விசைக்கு[67] எதிராக உயர்த்தும்பொழுது, ஆற்றல் செலவழிகின்றது. தாவர நூலறிஞர்கள் சவ்வூடுபரவும் அழுக்கத்தினால் மட்டிலும் இது முற்றிலும் நடைபெற முடியாது என்று முடிவு கட்டினர். நீராவிப் போக்கினால்[68] ஏற்படும் அமுக்கமும் இதற்கு இன்றியமையாததாகின்றது என்று நம்பினர். மிஸௌரிப் பல்கலைக் கழகத்தினர்[69] கட்டுப்பாடான சூழ்நிலையில் கதிரியக்கப் பாஸ்வரத்தைப் பயன்படுத்தி ஆராய்ந்ததில் நீராவிப்போக்கு இதற்குச் சிறிதும் துணை செய்யவில்லை என்று அறிந்தனர். இத்துறையில் தொடர்ந்து நிகழ்த்தப் பெறும் ஆராய்ச்சி தாவரங்களைப் புல்லுருவிகள்[70], பூச்சிகள் முதலியவற்றினின்றும் பாதுகாக்கப் பெரிதும் துணைபுரியும் என்பதற்குச் சிறிதும் ஐயம் இல்லை.

பழத் தோட்டங்களில் அணுவாற்றல் தரும் வெப்பத்தைப் பயன்படுத்திப் பண்ணையாளர்கள் பெரும்பயன் அடையலாம். கிச்சிலி, எலுமிச்சை முதலிய பழத் தாவரங்கள் கடும்பனியால் சேதமுறாமல் காப்பதற்கு மேல்நாடுகளில் கணப்புச்சட்டிகள் உபயோகப்படுகின்றன; அணுக்களிலிருந்து மலிவாக வெப்ப ஆற்றல் தரும் சாதனங்கள் அமைக்கப் பெற்று கணப்புச் சட்டிகள்[71] எதிர்காலத்தில் மறைந்துவிடக் கூடும்.

---

[64] வளர்சிதை மாற்றச் செயல்கள்-metabolic processes [65] உடற் கூறுபாடு - anatomy. [66] கரைந்த தாதுப்பொருள்கள் - dissolved minerals. [67] புவிஈர்ப்பு விசை - gravity. [68] நீராவிப் போக்கு - transpiration. [69] மிஸௌரிப் பல்கலைக் கழகம் - University of Missowri. [70] புல்லுருவிகள் - fungi. [71] கணப்புச் சட்டிகள் - smudge pots.

எதிர்காலத்தில் மருந்துப் பொருள் உற்பத்திப் பண்ணையிலும், உணவுப் பொருள் உற்பத்திப் பண்ணையிலும் அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்துவதில் பல வியத்தகு முன்னேற்றங்கள் ஏற்படும் என்பதற்குச் சிறிதும் ஐயம் இல்லை. உயிரியல் துறையிலும் மருத்துவத் துறையிலும் பல முன்னேற்றங்கள் காணப்படுவதுபோல், உழவுத் துறையிலும் பல முன்னேற்றங்கள் விரைவில் தென்படும். இன்று பலரும் ஓரளவு வெறுத்துத் தள்ளும் உழவுத்தொழில் பலரும் விரும்பியேற்கும் தொழிலாக வளரும் என்பதை நாம் நிச்சயம் எதிர்பார்க்கலாம்.

14. தொழில்துறையில் அணு

கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் தொழில் துறையிலும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. உயிரியல் துறையை நோக்க இத்துறையில் அவை இன்னும் அதிகமாகப் பயன்படவில்லை என்றுதான் சொல்லவேண்டும். உயிரியல் துறையில் பல நூற்றுக்கணக்கான முறைகளில் பயன்படுகின்றன என்று ஆராய்ந்து அவற்றின் முடிவுகள் பருவ வெளியீடுகளில் வெளியிடப் பெற்றிருக்கின்றன; ஆனால், தொழில் துறையில் அவை பயன்படுவது நூற்றுக்கும் கீழேதான் இருக்கின்றது. இந்நிலை நீண்ட நாட்கள் நிலவும் என்று சொல்லமுடியாது. காரணம், தொழில் துறை ஆராய்ச்சியிலும் நடைமுறை வேலைகளிலும் கதிரியக்க யுக்தி முறைகளைப்[1] பயன்படுத்துவதில் பெருமுயற்சிகள் எடுக்கப்பெற்றிருக்கின்றன. வழிதுலக்கி முறைதான் பேரளவில் பயன்பட்டு வருகின்றது. இம் முறையைப்பற்றி நாம் முன்னரே அறிந்துள்ளோம். இதைத் தவிர, வேறு பயன்களும் உள. கதிரியக்கப் பண்புகளைச் சில ஆய்கருவிகளைக்[2] கொண்டு சில பிரத்தியேகமான செயல்களில் பயன்படுத்தலாம். அடியிற் கூறப் பெறும் எடுத்துக்காட்டுக்களில் சில ஆங்கிலேயருடையவை; சில அமெரிக்கருடையவை. இன்னும் சில எண்ண

---

[1] கதிரியக்க யுக்தி முறை - radioactive technique

[2] ஆய்கருவி -apparatus.

ஏற்றத்தைத்[3] தரும் கொள்கை நிலையில் இருப்பவை. காலப் போக்கில்—ஆனால், வெகு விரைவில்,—இவை திட்டமான முறைகளில் நிச்சயமாகப் பயன்படும் என்று இப்பொழுதே சோதிடம் கூறி விடலாம்.

கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் உற்பத்தியைப்பற்றி ஆராய்ந்தபொழுது அமெரிக்காவில் ஆயிரத்திற்கு மேற்பட்ட ஆராய்ச்சி நிலையங்களுக்கு 35,000-க்கு மேற்பட்ட கப்பல் பாரங்கள் அனுப்பப் பெற்றிருப்பதாகக் குறிப்பிட்டோம் அல்லவா? அவற்றுள் 40 சதவீத நிலையங்கள் தொழில் துறையைச் சேர்ந்தவை. ஆண்டுதோறும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் பயன் தொழில் துறையில் அதிகரித்துக்கொண்டே வருகின்றது.

கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் தொழில் துறையில் பயன்படும் செயல்களை மூன்று வகைகளில் அடக்கிக் கூறலாம். அவை: அளவிடுதல், அடையாளம் இடுதல், தேய்மானத்தைக் காணல் என்பவை. இம் மூன்றுவகைச் செயல்களும் பல்வேறு விதமாகப் பல்வேறு தொழில் துறைகளில் பயன்படுகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றையும் பற்றி ஈண்டு ஓரளவு அறிந்து கொள்வோம்.

அளவிடுதல்

கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து வெளியாகும் கதிர்க் கற்றையின் தீவிரத்தில் நேரிடும் மாற்றத்தைக் கணக்கிட்டே அளவிடுதல் செயல்கள் மேற்கொள்ளப் பெறுகின்றன. கதிரியக்கப் பொருள்கள் கதிரியக்கத்தை விளைவிக்கும் மூலமாகப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றனவேயன்றி, பொருள் உற்பத்திக் கிரியையிலோ, அன்றி உற்பத்திப் பொருள்களிலோ அவை சேர்க்கப் பெறுவதில்லை.

கனத்தை அளக்கும் கருவி: கதிரியக்கமுள்ள கனத்தை அளக்கும் கருவி நடைமுறைச் செயல்களைக் கண்டறியும் கருவிகளில் தலைசிறந்தது. அமெரிக்காவில் இன்று 200-க்கு

[3] எண்ண ஏற்றம் - suggestion.

மேற்பட்ட தொழிற்சாலைகளில் உற்பத்தி செய்யப்பெறும் தகடு வடிவத்திலுள்ள பல்வேறு பொருள்களின் கனத்தைக் கண்டறிவதற்கு இக்கருவி பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. இவ்வாறு அளவிடப்பெறும் பொருள்களில் கார்பன்தாள், மெழுகுத்தாள், பொருள்களை மூடுவதற்குப் பயன்படுத்தும்தாள் போன்ற காகிதங்களும்; அலுமினியத் தகடு, தாமிரத்தகடு, எஃகுத் தகடு, தகரத் தகடு போன்ற தகடுவகைகளும்; பல்வேறு வகை பிளாஸ்டிக் பொருள்கள், ரப்பர் பொருள்கள், கூரை வேய்வதற்கும் தரையில் பரப்புவதற்கும் உபயோகப் படும் பொருள்கள், கண்ணாடிப் பொருள்கள், கயிறு இழைகள், புகைப்படப் பிலிம்கள், பூச்சுப் பூசிய வேறு தகடு வகைகள் ஆகிய பொருள்களும் அடங்கும்.

எல்லாக் கருவிகளிலும் நான்கு முக்கியப் பகுதிகள் உள்ளன. அவை: கதிரியக்க மூலம் (பெரும்பாலும் பீட்டா-கதிரியக்கம்), கதிர்வீச்சினைக் காணவும் அதனை மின்னோட்டமாகவும் மாற்றக்கூடிய அயனி அறை, இந்த மின்னோட்டத்தை அதிகரிக்கச் செய்யும் பெருக்கி[4] மின்னோட்டத்தில் நேரிடும் ஏற்றக் குறைவுகளைக் குறிக்கும் பதிவுக் கருவி ஆகியவை. இப்பதிவுக் கருவியின் அளவுகள் பெரும்பாலும் கன அளவுகளையே[5] காட்டக் கூடியவை.

கனத்தை அளக்கும் கருவிகளில் வெவ்வேறு இரண்டு வகைக் கருவிகள் செய்யப்பெற்றுள்ளன. முதல் வகை, உறிஞ்சும் கன அளவு கருவி என்பது. இதில் அளக்கப் பெறவேண்டிய பொருள் கதிரியக்க மூலத்திற்கும் அளவிடும் சாதனத்திற்கும் இடையில் செல்லும். கதிர்வீச்சு, பொருளை ஊடுருவிச் செல்லும்பொழுது அதன் தீவிரத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு கணக்கிடப் பெறுகின்றது. ஊடுருவிச் செல்லும் கதிர்வீச்சின் அளவு பொருளின் கனத்திற்குத் தலைகீழ் விகிதப் பொருத்தத்தில்[6] உள்ளது. அஃதாவது, பொருளின் கனத்திற்கேற்றவாறு கதிர்வீச்சின் அளவு குறையும்.

---

[4] பெருக்கி - amplifier. [5] கன அளவுகள் - thickness readings. [6] தலைகீழ் விகிதம் - inverse proportion.

இரண்டாவது வகை, பின்னோக்கிச் சிதறும் கனம் அளக்கும் கருவி என்பது. இதில் கதிர்வீச்சின் மூலமும், அயனியாக்கும் அறையும் ஒரே பக்கத்தில் அமைக்கப் பெற்றுள்ளன; அஃதாவது, இரண்டும் அளக்கப்பெறும் பொருள் இருக்கும் அதே பக்கத்திலேயே இருக்கின்றன. இதில் மீளும் கதிர்வீச்சின்[7] தீவிரமே அளக்கப் பெறுகின்றது. கதிர்வீச்சு மூலம் நன்கு மூடப்பெற்று தகட்டை மோதும் கதிர்வீச்சு மட்டிலும் பிரதிபலிக்குமாறு (மீளுமாறு)[8] அமைக்கப்பெற்றுள்ளது. இவ்வாறு மீளும் கதிர்வீச்சுதான் அயனி அறையால் ஏற்றுக்கொள்ளப் பெறுகின்றது. பெரும்பாலும் இவ்வகைக் கருவி ஒரு தகட்டின்மீது பூச்சாகப் போடப்பெற்றுள்ள பொருளின் கனத்தை அளவிடுவதற்குப் பயன்படுகின்றது. அமெரிக்காவில் பெரும்பாலும் இக்கருவிகளில் கதிரியக்க ஸ்ட்ரான்ஷியமே[9] கதிர்வீச்சு மூலமாகப் பயன்படுகின்றது. அளக்கப்பெறும் பொருள்களின் கனத்திற்கேற்ப வேறு கதிரியக்கப் பொருள்களும் கையாளப் பெறுகின்றன. இங்கிலாந்தில் கதிரியக்கத் தேலியமும்[10] அமெரிக்காவில் கதிரியக்கக் கார்பன், கதிரியக்க செசியம், கதிரியக்கக் கோபால்ட்டு ஆகியவையும் மேற்கொள்ளப் பெறுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக டயர் உற்பத்தி செய்யும் கம்பெனி ஒன்று கார்பன் - 14-லிலிருந்து வெளிப்படும் வலுவற்ற பீட்டா-கதிர்வீச்சினைப் பயன்படுத்தி மிக மெல்லிய பொருளை அளக்கின்றது. ஆனால், கோபால்ட்டு – 60-லிருந்து வெளிப்படும் மிகவும் துளைத்துச் செல்லக்கூடிய காமா-கதிர்வீச்சினைப் பயன்படுத்தி மூன்று அங்குல அலுமினியத் தகடுகளின் கனத்தையும் ஓர் அங்குல இரும்புத் தகடுகளின் கனத்தையும் அளக்கின்றது.

இக் கருவிகளைக்கொண்டு கனத்தை அளவிடுவதில் பல நன்மைகள் உண்டு. ஒன்று, அளவு மிகச் சரியாக இருக்கும். இரண்டு, அளவையை எளிதாகவும் அளந்துகொள்ள

[7] மீளும் கதிர்வீச்சு - reflected radiation. [8] மீளுமாறு reflected. [9] ஸ்ட்ரான்ஷியம் - strontium. [10] தேலியம் thelium.

லாம். எல்லாவற்றிலும் மிக முக்கியமானது இக் கருவிக்கும் அளவிடப்பெறும் பொருளுக்கும் யாதொரு தொடர்பும் இல்லை. இதனால் உருண்டு செல்லும் தகட்டை நிறுத்த வேண்டிய அவசியமும் இல்லை ; வெட்டவேண்டிய அவசியமும் இல்லை. தகடும் கிழிந்து போவதில்லை.

வேறு அளவு கருவிகள் : கனத்தை அளக்கும் கருவிகளைப்போலவே வேறு அளவு கருவிகளும் கதிர்க்கற்றையின் தீவிரத்தின் மாற்றங்களையே அளவுகளாகக் கொண்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக கதிரியக்கக் கோபால்ட்டிலிருந்து வெளி வரும் காமா-கதிர்வீச்சினைக்கொண்டு ஓர் உலையிலுள்ள உருகிய உலோகத்தின் உயரத்தையோ, கனபரிமாணத்தையோ அளக்கலாம். மலைச் சிகரங்களில் குவிந்திருக்கும் பனிக்கட்டியிலுள்ள நீரின் அளவையும் அளந்து காண முடியும். கதிரியக்க மூலத்தை ஒருபுறமும் அளக்கும் கருவியை மற்றொரு புறமும் வைத்து இது அளவிடப்பெறுகின்றது. இதே முறையை மேற்கொண்டே அதிக அமுக்கம், அதிக சூட்டு நிலையிலுள்ள பொருளின் செறிவும் உயரமும் கணக்கிடப் பெறுகின்றன.

சில உற்பத்தித் தொழிற்சாலைகளில் பொருள்களைப் பொட்டணங்களிலும் டப்பாக்களிலும் அடைக்கும் செயலில் மேற்படிப் பொட்டணங்களைச் சோதிப்பதற்குக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பயன்படுகின்றன. பொருள் நிரம்பிய பொட்டணங்கள் அல்லது டப்பாக்கள் இயந்திர விசையால் நிரப்பப் பெற்று ஒன்றன்பின் ஒன்றாகச் சென்றுகொண்டேயிருக்கும். ஒரு பொட்டணத்தில் சரியானபடி பொருள் நிரம்பாதிருந்தால் அதன் ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திலுள்ள எண்-கருவிக்கு அதிகக் கதிர்கள் செல்லும். உடனே ஓர் எச்சரிக்கை ஒளி ஒளிரும் ; அல்லது சில இயந்திரப் பகுதிகள் இயங்கி குறைபாடுள்ள பொட்டணத்தைக் கீழே தள்ளிவிடும்.

அடையாளமிடுதல்[11]

அடையாளமிடுதற்கும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இன்னும் சிலர் அவற்றைச் சில பொருள்களில் அல்லது கிரியைகளில் வழி-துலக்கிகளாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். அவற்றைப் பயன்படுத்தும் சில யுக்திமுறைகள் நடைமுறை உற்பத்திப் பிரச்சினைகளில் பயன்படுகின்றன. இன்னும் சில, ஆராய்ச்சியிலும் வளர்ச்சித் துறையிலும் உபயோகப்படுகின்றன. எனினும், எல்லாத் துறைகளிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் வழி-துலக்கிகளாகத்தான் பயன்படுகின்றன. அவை தம் இருப்பிடத்தை அறிவதற்கும், ஒரு குறிப்பிட்ட பொருள் நகர்வதை அறிவதற்கும், அல்லது ஒரு திட்டமான பொருள் செல்லுவதைக் காண்பதற்கும் உபயோகப்படுகின்றன.

கடுவினை ஆக்கி[12]யின் சுற்று: மேற்கூறிய முறை பெட்ரோலியம் தொழிற்சாலையில் பயன்படுகின்றது. இன்னும் நாம் பயன்படுத்தும் காஸோலின்[13] பெட்ரோலியத்தின் கனமான வடிதிரவத்திலிருந்து[14] உற்பத்தி செய்யப்பெறுகின்றது. ஒரு முறையில் நுண்துளையுள்ள மிகச் சிறிய மணிகள் வடிவில் கடுவினை ஆக்கி ஆவி நிலையிலுள்ள எண்ணெயுடன் சேர்க்கப்பெறுகின்றது. இந்த மணிகள் அணு உலையின் வழியாக அடியில் படிந்ததும், அவை கார்பனால் அடைபட்டுப் போகின்றன; மீண்டும் சுற்றிவரச் செய்வதற்கு முன் அவற்றை எரிக்க வேண்டும். இவ்வாறு மணிகளைப் புத்துயிர்பெறச் செய்த பிறகு மீண்டும் அவை அணு உலையின் மேற்பகுதிக்கு ஆவி - தூக்கி மூலம்[15], அஃதாவது விசையுள்ள காற்றுப் பிரவாகத்தால், கொண்டுசெல்லப் பெறுகின்றன. இக்கிரியை முழுவதும் தொடர்ந்து நடைபெறவேண்டியிருப்பதால், ஒவ்வொரு படியின் திறன் கடுவினை ஆக்கி சுற்றிவரும் வேகத்தின் அளவைப் பொறுத்திருக்கின்றது.

---

[11] அடையாளமிடுதல் - marking. [12] கடுவினை ஆக்கி - catalyst. [13] காஸோலின் - gasoline. [14] வடிதிரவம் - distlilate [15] ஆவிதூக்கி - gas lift.

இவ்வாறு சுற்றிவரும் வேகத்தை அளப்பது மிகவும் சிரமமான செயல். அண்மைவரையில் அணு உலையில் பல இடங்களில் சூட்டு நிலை ஏற்ற - இறக்கங்களை அளந்து இது நிறைவேற்றப் பெற்றது. இதை அளந்து காண்பதற்கு இருவர் ஒரு நாள் முழுவதும் வேலை செய்தாகவேண்டும். அது நேரல் முறையில்[16] அடையப்பெறுவதாலும், அடைவதற்கு முன் பல்வேறு திருத்தங்கள் செய்யப்பெற வேண்டியிருப்பதாலும், அந்த அளவை நம்பத்தக்கதாகக் கொள்ள முடியவில்லை.

மிக அண்மையில் இதே அளவை நேர்முறையில் காணும் வழியைக் கண்டறிந்துள்ளனர். ஒரு சில மணிகளைக் கதிரியக்க ஸர்க்கோனியத்தால் சூல் கொள்ளச் செய்து ஒரு கதிரியக்க மணி ஆவி-தூக்கிக்கும் அணு உலையின் உச்சிக்கும் இடையிலுள்ள கடுவினை ஆக்கியைக் கொண்டு செல்லும் குழலில், செல்லும் கால இடையீட்டைக் கண்டறிகின்றது. குழலில் இந்த இரண்டு இடங்களுக்கிடையேயுள்ள கடுவினை ஆக்கியின் எடையை அறிந்து இரண்டு உச்சக் கதிரியக்க அளவுகளிலிருந்து ஒரு மணிக்கு எத்தனை டன் வீதம் மேற்படி கடுவினை ஆக்கி சுற்றுகிறது என்பதைக் கணக்கிடலாம். அமெரிக்க எண்ணெய் கம்பெனி ஒன்றில் இம்முறையை மேற்கொண்டு நாளொன்றுக்கு ஆயிரக்கணக்கான டாலர் செலவைக் குறைக்கலாம் என்று கண்டறிந்துள்ளனர். இன்று எல்லாக் கம்பெனிகளிலும் இம்முறைதான் மேற்கொள்ளப்பெறுகின்றது.

பெட்ரோலியக் கம்பெனிகளில்: இன்னும் சில பெட்ரோலியத் தொழிற்சாலைகளில் நூற்றுக்கணக்கான நீளமுள்ள குழல்கள் பல்வேறு எண்ணெய்ப் பொருள்களைக் கடத்துவதற்குப் பயன்படுகின்றன. அக்குழல்களின் வழியாகப் பல பொருள்கள் தொடர்ந்து செலுத்தப்பெறுகின்றன. அங்ஙனம் செல்லுங்கால் ஒன்றனுடன் பிறிதொன்று கலக்காதிருக்கும் பொருட்டு அவை குழலினுள் செல்லுங்கால் ஒன்று எவ்விடத்தில் முடிந்து பிறிதொன்று எங்கு தொடங்குகிறது

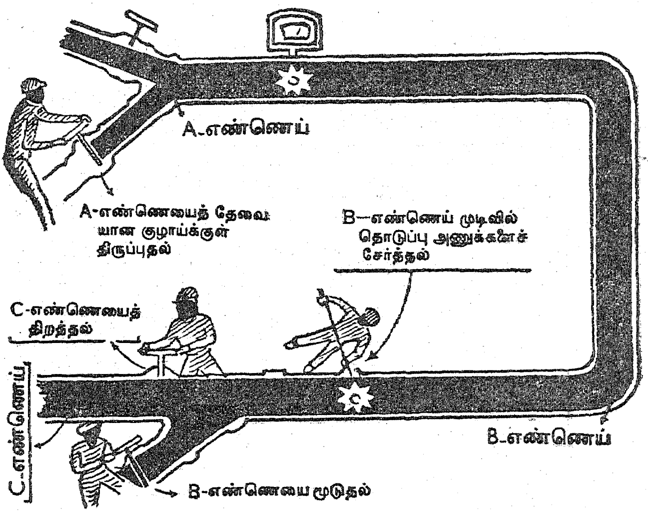
[16] நேரல் முறையில் – indirectly

என்பதைத் தெரிந்துகொள்வது அவசியமாகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட குழல் வழியில் மிகச் சிறிய அளவு எண்ணெயில் - கரையும்[17] கதிரியக்க ஓரிடத் தானை இரண்டு எண்ணெய்களும் சேரும் இடத்தில் போட்டு விடுவர். அந்த எண்ணெய்களை எடுக்கும் இடங்களில் கைகர் எண்-கருவியைக் கொண்டு கதிரியக்கத் திரவத்தைக் கண்டறிந்து விடலாம்; இச்செயல் மிக விரைவாகவும் நடை பெறுகின்றது. திரவங்களைக் கட்டுப்படுத்தும் வால்வுகளை இயக்குபவர் பல்வேறு குழல்களிலிருந்து வரும் திரவங்களைச் சிறிது சிறிது எடுத்து அவை என்ன திரவம் என்று காணும் முறைகள் மிக மெதுவாக நடைபெறுபவை. எனவே, கதிரியக்க ஓரிடத்தான் இச்செயலை எளிதாக்குவதுடன், விரைவாகவும் நடைபெறத் துணைபுரிகின்றது. கதிரியக்க ஓரிடத்தான் துணையின்றேல், பல பீப்பாய்கள் அளவுள்ள எண்ணெய்களை வெளியே எடுத்துச் சோதித்து வீணாக்கிய பிறகுதான் எங்குப் புதிய எண்ணெய் தொடங்குகிறது என் பதைக் கண்டறிதல் முடியும். இம்முறை கண்டறியப்பெற்ற பிறகு ஒரே குழல் வழியாக பண்படா[18] பெட்ரோலியம், வழுக்கிடு எண்ணெய்கள்[19], டீஸெல் எண்ணெய் போன்ற எல்லாப் பொருள்களையுமே ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அனுப்ப ஏதுவாகின்றது. கைகர் எண்-கருவியினைக் குழலின் மேல் வைத்தே உள்ளே செல்லும் திரவத்தை அறிந்து கொள்ள லாம். வால்வுகளை இயக்குபவர் எண்ணெயை அதற்கேற்ற எண்ணெய்த் தேக்கங்களில்[20] திருப்பி விட்டுவிடுவார். மிகச் சிக்கலான அமைப்பிலுள்ள குழல்களில் ஒழுக்கு ஏற்பட்டா லும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கொண்டு அவ்வொழுக் குள்ள இடத்தைக் கண்டறிந்துவிடலாம். இந்தக் குழல்கள் சுவரின் உட்புறமாக அமைந்திருந்தாலும் பூமியின் அடியில் புதைந்திருந்தாலும் குழலிலுள்ள குறையை அறிந்துகொள்ள முடியும். எடுத்துக்காட்டாக, கதிரியக்கப் பாஸ்வரமும் கதிரியக்க அயோடினும் கரைசல் நிலையில் பூமிக்கு அடியில்

[17] எண்ணெயில்-கரையும் - oil-souble. [18] பண்படா crude. [19] வழுக்கிடு எண்ணெய் - lubricating oil. [20] தேக்கம் tank.

செல்லும் நீர்க்குழாய்களில் ஒழுக்குகள் அல்லது உடைவு கள் நேரிட்டிருக்கும் இடங்களை அதிக மண்ணைத் தோண்டாது நேராகக் கண்டறிகின்றனர். தரையின் கீழுள்ள ஊற்று நீரைப் பரிசோதித்து அதன் வயதையும் அதில் எவ்வளவு பகுதி மழையின் மூலம் வருகிறது என்ப

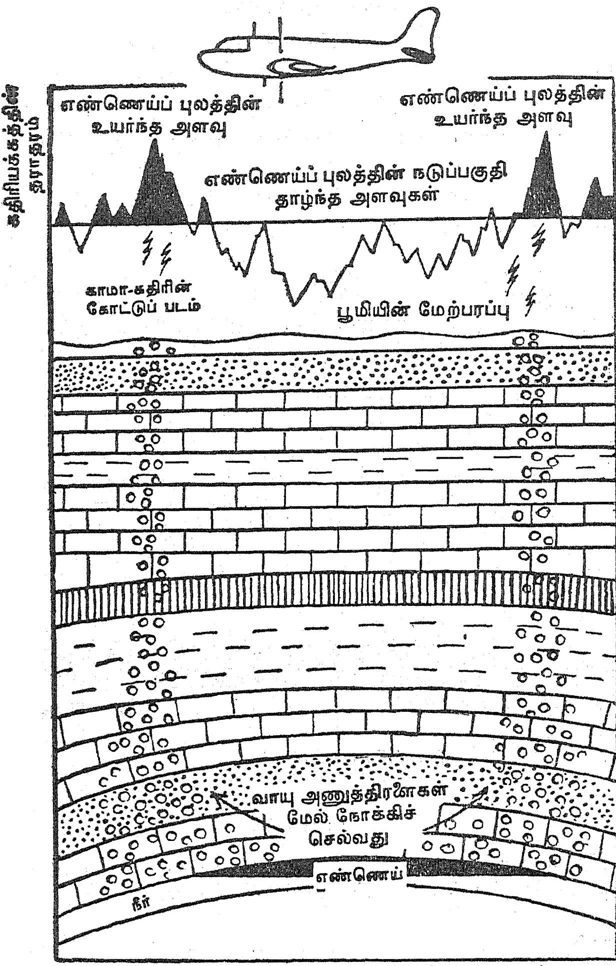
படத்தில் எண்ணெய்த் தொகுதி-A முடியும் இடத்தைக் கதிரியக்க ஓரிடத் தான்களின் துணையால் கைகர் எண்-கருவி காட்டுகின்றது.



படம் 42

ஒரே குழல் வழியாக A, B, C என்ற மூன்றுவித எண்ணெய்களும் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக அனுப்பப்பெறுவதைப் படம் காட்டுகின்றது.

தையும் இம்முறையால் கண்டறியலாம். கதிரியக்கக் கோபால்ட்டைக்கொண்டு பூமிக்கடியில் எண்ணெய்க் குழல்கள் செல்லும் வழிகளும் அவற்றில் நேரிடும் அடைப் புக்களும் கண்டறியப்பெறுகின்றன. இத்துறையில் கதிரி யக்கக் குளோரினும் கதிரியக்கக் கால்சியமும் பூமியின்



படம்—43

புவியின் அடியிலுள்ள எண்ணெய் ஊற்றுக்களைக் காணும் முறையைப் படம் விளக்குகிறது.

அடியிலுள்ள பல்வேறு தகவல்களைக் கண்டறியப் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, மேல் நாடுகளில் குழாய் வழியாகச் செலுத்தப்பெறும் தபால் பைகளில் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியுள்ள கோபால்ட்டை ஒட்டி வைத்து அவை நடுவில் சிக்கிக்கொள்ளும்பொழுது கைகர் எண்-கருவி கொண்டு அவற்றைக் கண்டுபிடிக்கின்றனர். இத்தகைய செயல்களில் கதிரியக்க அணுக்கள் மாயக்கண் போல் (magic eye) செயலாற்றுகின்றன.

புவியின் அடியிலுள்ள கனிப்பொருள்களைக் காண்பதில்: மற்றும், கதிரியக்க ஓரிடத்தான் உளவுகாட்டும் வழி-துலக்கிகள் பெட்ரோலிய உற்பத்தி நிலையங்களில் கனிப்பொருள்கள் இருக்கும் இடத்தை அறிவதிலும் அப்பொருள்களை அளவிடுதலிலும் பயன்படுவதுடன், அப்பொருள்களைத் தூய்மைப்படுத்திய பிறகு அவற்றைச் சோதிக்கவும் உபயோகப்படுகின்றன. அவற்றிலெல்லாம் கதிரியக்கக் கார்பன்தான் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. எண்ணெய் எடுக்கப்பெறும் புலங்களில், பூமியின் அடியில் உள்ள தகவல்களைப்பற்றி அறிவதற்கு அயோடின், குளோரின், கோபால்ட்டு, கால்சியம் போன்றவற்றின் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் துணை செய்யக்கூடும் என்று ஆராய்ச்சியாளர்கள் நம்புகின்றனர். அன்றியும், இன்று புவியின் அடியிலுள்ள எண்ணெய் ஊற்றுக்களைக் காண்பதிலும், அவை செல்லும் வழிகளையெல்லாம் அறிவதிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கொண்டு வழி-துலக்கி அறியும் முறைகளைப் பயன்படுத்துவதில் முனைந்திருக்கின்றனர். ஓர் எண்ணெய்க் கிணற்றில் எண்ணெயில் கரைத்தோ அல்லது வாயு வடிவில் செலுத்தியோ பல்வேறு வரிசைகளில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக அனுப்பப்பெறும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பக்கத்திலிருக்கும் கிணறுகளில் உள்ள எண்ணெய்களை எடுத்து அவற்றில் இவ்வோரிடத்தான்கள் உள்ளனவா என்று சோதிக்கப்பெறுகின்றன (படம்—43). இதனால் கிடைக்கும் தகவலைக் கொண்டு எண்ணெய் ஊற்றுக்கள் செல்லும் வழிகளையறிந்து அங்கு பூமியைத் துளைத்து எண்ணெய் எடுக்கலாம்.

பொருள் களின் திறன் களைச் சோதிக்க: உற்பத்திச் சாலைகளில் சில பொருள்களின் திறன் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களால் சோதிக்கப் பெறுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, சோப்பின் கழுவு திறன் எவ்வாறு கணக்கிடப் பெறுகின்றது என்பதைக் காண்போம். இதில் பாக்டீரியா என்ற நுண்ணுயிர்கள் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி யுள்ளவைகளாகச் செய்யப்பெறுகின்றன. நுண்ணணுப் பெருக்கியின் துணையாலும் காண முடியாத இவ் வுயிர்களை அவை கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி பெறுங்கால் கைகர் எண் - கருவியால் கண்டறிந்து விடலாம். துணிகளில் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியுள்ள பாக்டீரியாக்களைச் சேர்த்து ஒவ்வொரு துணியையும் வெவ்வேறு சோப்பினால் கழுவுதல்வேண்டும். கழுவிய பிறகு துணியில் எஞ்சி நிற்கும் பாக்டீரியாக்களை அளந்தால் சோப்பின் கழுவு திறனை அறியலாம்.

வண்ணப் பூச்சுக்கள், தரை மெழுகுகள் முதலியவற்றின் நாட்பட உழைக்கும் திறனைச் சோதிக்கவும், குருதிப் பிளாஸ்மாவில் நுண்ணுயிர் அழிப்புச் செய்யவும், 'கிரீம்கள்' எனப் படும் முகத்தில் தடவும் பசைகளின் உறிஞ்சு திறனைச் சோதிக்கவும், இவைபோன்ற வேறு பயனுள்ள நூற்றுக் கணக்கான வழிகளை ஆராயவும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக்கொண்டு சோதனைகள் நிகழ்த்தப்பெறுகின்றன.

நீர்ப்பாசனக் கால்வாய்களில் ஒருவித நீர்ப்பூண்டுகள் நீரோட்டத்தைத் தடைசெய்கின்றன. அவற்றை அழிப்பதற்குப் பயன்படும் ஒரு களை - கொல்லி [21] எவ்வளவு திறனுடையது என்பதைச் சோதிப்பதற்கு அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டு நிலமீட்சிக் கழகம்[22] கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பயன்படுத்தியது. கதிரியக்கக் கார்பனைத் தொடுத்துள்ள ஒரு களை-கொல்லியைப்பயன்படுத்தி அது நீர்ப் பூண்டினுள் செல்லும் வழியை அறிவியலறிஞர்கள் கவனித்தனர். இதனால் அவர்கள் நீர்ப்பாசனக் கால்வாய்களில் இடையூறுக

[21] களை - கொல்லி - weed - killer. [22] நில மீட்சிக்கழகம்- Reclamation Bureau.

இருக்கும் மேற்படி நீர்ப்பூண்டுகளை ஒழிப்பதற்குச் சிறந்த வழிகளைக் கண்டறிய முடிந்தது.

பிறபயன்கள் : ஓர் ஆற்றுப் படுகையிலிருந்து சிப்பிகளைச்[23] சேகரிக்கும் செம்படவர்கள் சிப்பிகளைக் கெடுக்கும் வேதியற் பொருள் அந் நீரிலுள்ளதா என்பதை அறியார். அண்மையிலுள்ள ஒரு தொழிலகத்திலிருந்து அந்த ஆற்று நீரில் கலக்கப்பெறும் வேதியற் கழிவுகளுடன் மிகச் சிறிதளவு கதிரியக்கப் பொருள்களைச் சேர்த்துவிட்டால் அவை அந்த வேதியற்பொருள்களைக் காட்டிவிடும். சிப்பிப் படுகைகளிலுள்ள நீரைக் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சிக்குச் சோதனை செய்து கோடிக்கணக்கான பங்கு நீரில் ஒரு சில பங்கு வேதியற்கழிவு இருப்பினும் அதை எளிதாகக் கண்டறிந்துவிட முடியும்.

கொலை, களவு போன்ற குற்றங்களைக் கண்டறிவதிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் துணைபுரியத் தொடங்கியுள்ளன. அமெரிக்காவிலுள்ள ஊர்க்காவல் துறை[24] இவற்றைப் பயன்படுத்துகின்றது. சில வைர வியாபாரிகள் விலையுயர்ந்த கற்களுடன் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை இணைத்து வைக்கின்றனர். அவை களவுபோனால் இந்த ஓரிடத்தான்கள் மூலம் அவற்றைக் கண்டுபிடிப்பது எளிதாகின்றது.

அபாயத்திலிருந்து பாதுகாப்பு : பொறிகளை இயக்குபவர்களுக்கு அடிக்கடி நேரிடும் விபத்துக்களைப் பாதுகாக்கும் அமைப்பிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான் பயன்படுகின்றது. பொறியினை இயக்குபவர் சிறிது கதிரியக்க முள்ள கங்கணம் போன்ற ஒரு பட்டியைத் தன்கையில் கட்டிக் கொள்வார். பொறியில் கதிர்வீச்சினைக் கண்டறியும் கைகர் எண் - கருவி போன்ற அமைப்பொன்று பொருத்தப்பெற்றிருக்கும். கை விபத்துக் குள்ளாகும் எல்லைக்கு வருங்கால் கையில் அணிந்திருக்கும் பட்டியிலுள்ள கதிர்வீச்சு பொறியி லமைக்கப் பெற்றிருக்கும் கருவியில் தெரியும். இந் நிலையில் பொறியை

---

[23] சிப்பிகள் - oysters. [24] ஊர்க்காவல் துறை - police department.

நிறுத்திவிடக்கூடிய யுக்திச்சாதனத்தை அமைத்துப் பொறியை நின்றுவிடவும் செய்யலாம். எடுத்துக்காட்டாக, துளையிடும் இயந்திரத்தை[25] இயக்குபவர் சரியான காலத்திற்குள் தம் கைகளை வெளியே எடுக்கத் தவறினால் கையிலுள்ள மணிக்கட்டுப்பட்டி[26]யிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள் சில கருவிகளை இயக்கி இயந்திரத்தை நிறுத்திவிடும்.

இன்று உலகெங்கும் தொடுப்பு அணுக்கள் மானிட நலனுக்காகச் சேவை செய்து வருகின்றன. இத்தாலி நாட்டில் ஆல்ப்ஸ் மலையின் வழியாக புவிக்குக் கீழே செல்லும் நீரூற்றுக்களைச் சோதிக்க அவை பயன்படுகின்றன. பிரான்ஸ் நாட்டில் புவியின்கீழ் புதைக்கப் பெற்றுள்ள தொலைபேசிக் கம்பிகளின் காற்றுப் புகாத தன்மையைச் சோதிக்கவும், வட ஆப்பிரிக்காவுக்கும் பிரான்ஸுக்கும் இடையே அமைக்கப் பெறும் கடற்கீழ்த்தந்திகள்[27] பற்றிய வேலையில் துணை செய்யவும் அவை பயன்படுகின்றன. அமைதிக்காலத்தின் அணுவின் பயனுக்கு இவை ஒரு சில எடுத்துக்காட்டுக்களாகும்.

தேய்மானச் சோதனைகள்

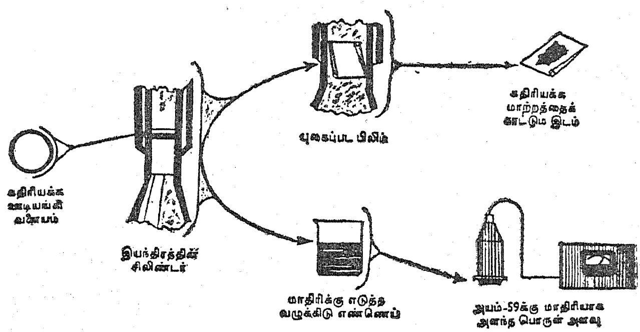
தேய்மானச் சோதனைகளிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பயன்படுகின்றன. இவை அன்றாட நடைமுறைச் செயல்களில் பயன்படாவிட்டாலும், உற்பத்தியாளர்களுக்கு மிகவும் இன்றியமையாதவைகளாக உள்ளன. உற்பத்தியாளர்கள் தேய்மானத்தையும் கருத்திற் கொண்டு தானே பொருள்களை உற்பத்தி செய்யவேண்டும்? கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் மிக நுட்பமானவையாதலின், அவற்றைக் கொண்டு தேய்மானத்தை அளக்கும் முறை ஏனைய முறைகளைவிடச் சிறந்தவை; அன்றியும், சரியாகவும் குறுகிய காலத்திற்குள்ளும் அளப்பதற்கு ஏற்றவை.

---

[25] துளையிடும் இயந்திரம் - punch press. [26] மணிக்கட்டுப் பட்டி - wrist band. [27] கடற் கீழ்த் தந்திகள் – under sea cables.

உராய்வும்[28] வழுக்கிடுதலும்:[29] டீஸெல்[30] எண்ணெய்ப் பொறிகளிலும் காஸோலின் எண்ணெய்ப் பொறிகளிலுமுள்ள ஊடியங்கியிலுள்ள[31] வளையங்களின் தேய்மானத்திற்குக் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் அதிகமாகப் பயன்படுகின்றன. இன்று அமெரிக்காவில் பல கம்பெனிகளில் இவை கையாளப் பெறுகின்றன. சோதனை செய்யப்பெறவேண்டிய பொறியின் பகுதியை ஓக் ரிட்ஜ் என்னும் இடத்திற்கு அனுப்பி அங்குள்ள அணு உலையில் வைத்து கதிரியக்க

கதிரியக்க அயம்-59
உராய்வு-வழுக்கிடுதல் ஆராய்ச்சி



படம்—44

இந்த ஆராய்ச்சியால்: (1) எண்ணெய்க்கு வரும் உலோகம் $\frac{1}{100,000}$ அவுன்சுக்குச் சுத்தமாக அளக்கப் பெறுகின்றது; (2) பொறி இயங்கிக்கொண்டிருக்கும்பொழுதே மாதிரி எண்ணெய் எடுக்கப்பெறுகின்றது; (3) உருத்துலக்கப்பெற்ற பிலிம் பொறியில் தேய்ந்துள்ள பகுதியைக் காட்டுகின்றது.

முடையதாகச் செய்வர். பிறகு அதனை அதற்குரிய பொறியில் பொருத்திப் பொறியினை இயங்கும்படி செய்வர். பொறி இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் பொழுதே அடிக்கடி வழுக்கிடு பொருளைச் சிறிது சிறிதாக எடுத்து அதிலுள்ள கதிரியக்க அளவு நிர்ணயிக்கப்பெறும்; இதிலிருந்து தேய்மானத்தின் அளவும் தீர்மானிக்கப்பெறும்.

[28] உராய்வு – friction. [23] வழுக்கிடுதல் – lubrication
[30] ஊடியங்கி - piston [31] டீஸெல் - Diesel.

தானோடித்[32] தொழிற்சாலைகளிலும் அவற்றின் ஆராய்ச்சி நிலையங்களிலும் இம் முறை பெருவழக்காக உள்ளது. வழுக்கிடுபொருளைச் சீருடையதாகச் செய்வதற்குப் பெட்ரோலியம் தொழிற்சாலைகளிலும் இம் முறை மேற்கொள்ளப்பெறுகின்றது. கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பெருவழக்காகப் பயன்படுத்திவரும் கலிபோர்னிய ஆராய்ச்சி நிலையம் இம் முறையினால் செலவு குறையும் எனக் கண்டறிந்துள்ளது, பழைய முறையில் சோதனை செய்யவேண்டிய பகுதியை முதலில் நிறுத்து அதன் எடை காணப்பெறும். சிறிது காலம் ஓடியபிறகு மீண்டும் அப்பகுதியின் எடை தீர்மானிக்கப்பெறும். எடை வேற்றுமையிலிருந்து தேய்மானம் கணக்கிடப்பெறும். இதனால் பொறியிலிருந்து மேற்படி பகுதியை நீக்குவதற்கு ஆகும் காலம், மீண்டும் அதனைப் பொருத்துவதற்கு ஆகும் காலம், ஒரு மாத காலத்திற்கு மேற்படி பொறி இயங்காதிருப்பதால் ஏற்படும் நஷ்டம் ஆகியவற்றால் செலவு அதிகமாகும். கதிரியக்க ஓரிடத்தான் முறையில் ஒரு சில மணி நேரச் செலவுதான் ஏற்படும்; கிடைக்கும் எடுகோள்களும்[33] நம்பத் தகுந்தவையாக உள்ளன. இக்கம்பெனி இம்முறையை மேற்கொண்டு நான்கு ஆண்டுகளில் 35,000 டாலர் செலவில் ஊடியங்கி ஆராய்ச்சி செய்தது. இத்திட்டத்தைப் பழை முறைகளை மேற்கொண்டு செய்தால் அறுபது ஆண்டுகளிலும் 1,000.000 டாலர் செலவிலும்தான் நிறைவேற்ற முடியும் என்று அக்கம்பெனியார் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

வேறு உராய்வுச் செயல்கள்: கதிரியக்க ஓரிடத்தான் யுக்திமுறை[34] தானோடித் தொழிற்சாலைகளிலும் வேறு தொழிற்சாலைகளிலும் தளவாடங்களின்[35] தேய்மானத்தை அளப்பதிலும், டயர் பட்டன்களின் தேய்மானத்தை அளப்பதிலும் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றது. அமெரிக்காவிலுள்ள சில கம்பெனிகள் இயந்திரங்களை வெட்டும் கருவிகளின் தேய்மானத்தையும் அவற்றின் ஆயுட்காலத்தையும் அளப்

[32] தானோடி - automobile. [33] data – எடுகோள்.
[34] யுக்திமுறை - technique. [35] தளவாடம் - gear.

பதற்கும், டி. ஸி. மோட்டாரிலுள்ள கரி புருசின் தேய்மானத்தை ஆராய்வதற்கும், தரையிலுள்ள மெழுகுரெட்டுக்களின் தேய்மானத்தைத் தீர்மானிப்பதற்கும் இந்த யுக்தி முறைகளைக் கையாளுகின்றன.

உராய்வதால் ஏற்படும் தேய்மானத்தைத் தவிர அரிப்பினுல்[36] உண்டாகும் தேய்மான ஆராய்ச்சியிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான் யுக்திமுறையைப் பயன்படுத்தலாம். எடுத்துக்காட்டாக, அமெரிக்காவில் சில கம்பெனிகள் வாயுக்கள் வீசும் சுடு மின்னுக்கப் பொறிகளின் அரிப்பின் அளவை கதிரியக்க கந்தகத்தைக் கொண்டும், கண்ணுடிக் கம்பெனிகள் உருகிய கண்ணுடிக்குழம்பால் உண்டாகும் உருக்கும் கலன்களின் தேய்மானத்தைக் கதிரியக்கச் சோடியத்தைக் கொண்டும், ஊது உலைகளின்[37] உட்புறத்திலுள்ள நெருப்புச் செங்கலின் தேய்மானத்தை அளப்பதற்கு கதிரியக்கக் கோபால்ட்டைக்கொண்டும் அளக்கின்றன.

பலவகை அளவீடுகள்

மேலே குறிப்பிட்டவாறு கதிரியக்க ஓரிடத்தானின் பயன்களை மூன்று விதமாகப் பிரித்து ஆராய்ந்ததில் பல முக்கியமான பயன்கள் விடப்பெற்றுள்ளன. அவற்றுள் பல முக்கியமான உபயோகங்களும் உள்ளன. எனவே, அவற்றையும் ஈண்டு குறிப்பிடுவோம்.

ரப்பர் தொழிற்சாலையில் வல்கனேசேஷன்[38] பாலிமரைசேஷன்[39] என்ற கிரியைகள் எவ்வாறு செயற்படுகின்றன என்பதைக் கதிரியக்கக் கந்தகத்தைக்கொண்டு ஆராய்கின்றனர். கதிரியக்கக் கந்தகம் இந்தக் கிரியைகளில் முதன்மையான பங்கு கொண்டிருக்கின்றது; ஆனுல், அதன் விவரம் இன்னும் புதிராகவே இருக்கின்றது. அதே ஓரிடத்தான் ரேயான்[40] தொழிற்சாலையிலும் ஒரு பிரச்சினைக்கு விடை

---

[36] அரிப்பு-corrosion. [37] ஊது உலை - blast furnace. [38] வல்கனேசேஷன் - vulcanization. [39] பாலிமரைசேஷன் - polymerization. [40] ரேயான் - rayon.

காண்கிறது; அங்கு ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் கந்தகத்தைச் சேர்த்துப் பிறகு ஒரு நிலையில் அதனை நீக்க வேண்டியிருக்கிறது. எந்த நிலையில் அதனை நீக்கவேண்டும் என்பது தெரியாமலிருந்தது. இப்பொழுது சிறிது கதிரியக்கக் கந்தகத்தை அதனுடன் கலந்து இதனைக் கண்டறிந்துவிட்டனர். இதில் கதிரியக்கச் சோடியத்தைப் பயன்படுத்தி மிகத் திட்டமான அளவில் ஓரிடத்தான் யுக்தி முறையில் சிறந்த வெற்றி கண்டுள்ளனர். ஒரு மைல் நீளமுள்ளதும், ஆனால் ஓர் அவுன்சு எடையுள்ளதுமான, மெல்லிய கயிற்றில் இதனைக் கலந்து அளந்து கண்டனர்.

ரப்பர்ச் சக்கரங்களை [41] உற்பத்தி செய்வோர் கதிரியக்க அணுக்களைப் பயன்படுத்தி அச்சக்கரங்களின் தேய்மானத்தைக் கண்டறிகின்றனர். அமெரிக்காவில் சில கம்பெனிகள் தயாரிக்கும் சக்கரங்களின் சில புறவரிகளில் கதிரியக்கப் பாஸ்வரத்தை அமைக்கின்றனர். இந்தச் சக்கரங்களின் தேய்மானம் இரண்டு முறையில் சோதிக்கப்பெறுகின்றது, கைகர் எண்-கருவியைப் பயன்படுத்திக் கண்டறிவது ஒரு முறை; இதைவிடச் சிறந்த மற்றொரு வழி, அந்தச் சக்கரம் உருண்டு சென்ற சாலைப் பகுதிக்குமேல் கதிர்உணர் பிலிம் ஒன்றைத் திறந்து வைப்பதாகும். சக்கரம் சென்ற சுவடு விளிம்புகளைச் சீமைச் சுண்ணும்புக் கோடுகள் குறிக்கின்றன. இவற்றினிடையே அந்தப் பிலிம் பல மணிநேரம் திறந்து வைக்கப்பெறுகின்றது. சக்கரத்திலிருந்து தேய்ந்த ரப்பர்த் துணுக்குகள் தம் படத்தைப் பிலிமில் பதிக்கின்றன. இதிலிருந்து தேய்மானத்தின் அளவு நிர்ணயிக்கப்பெறுகின்றது. இந்தத் தேய்மானம் ஒரு பவுண்டில் பத்து இலட்சத்தில் ஒரு பங்கைவிட சிறிய பின்னமாகவும் இருக்கும்.

எதிர் காலத்தில்: கதிரியக்க ஓரிடத்தானைத் தொழிற்சாலையில் பயன்படுத்தும் முறை ஒரு புதிய துறையாகும். அவற்றைப் பயன்படுத்தும் பல்வேறு முறைகள் இனிமேல் தான் கண்டறியப்பெறுதல்வேண்டும். இன்று அணுவாற்றல் குழு தயாரிக்கும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைப் பல

[41] ரப்பர் சக்கரங்கள் – tyres.

தொழிற்சாலைகள் வாங்கி தம் பிரச்சினைகளில் பலவற்றிற்கு எளிய வழிகளில் விடை காண்கின்றன. சில தொழிற் சாலைகள் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை வகைப்படுத்தி அவற்றைப் பயன்படுத்தத் தக்க கருவிகளை உற்பத்தி செய் கின்றன. அணுவாற்றல் குழுவின் இசைவு பெற்றுப் பல் கலைக் கழகங்களும் தொழிலாராய்ச்சி நிலையங்களும் சிறிய அணு உலைகளை விலைக்கு வாங்கமுடியும்.

அடுத்த பத்து அல்லது இருபது ஆண்டுகளில் தொழில் துறையில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் பல புரட்சிகரமான மாறுதல்களை உண்டாக்கும் என்பது அறிவியலறிஞர்களின் நம்பிக்கை. இந்த மாறுதல்கள் மெதுவாகத்தான் நடை பெறும். காரணம், கதிரியக்கப் பொருள்களைக் கையாளும் பொழுது அவற்றின் கதிர்களால் ஆய்வாளர்களுக்கும் ஏனைய ஊழியர்கட்கும் தீங்கு ஏற்படாமல் பாதுகாக்கும் முறைகளையும் கவனிக்க வேண்டியுள்ளது. எனினும், தொழிற்சாலைகளில் அணுவாற்றலின் பயன் அதிகரித்துக் கொண்டுதான் உள்ளது.

15. எதிர்காலத்தில் அணுவாற்றல்

அணுக்களைச் சிதைத்தும் இணைத்தும் வெளிப்படுத்தப் பெறும் அளவற்ற ஆற்றலைக் கொண்டுள்ள அணுகுண்டுகள் விளைக்கும் கேட்டினை இன்றைய மக்கள் நன்கு அறிவார்கள். அப்பெருங்கேட்டினை எண்ணி எண்ணி மக்களின் அறச்சுரணை வளர்ந்துவரும் அறிகுறிகள் தோன்றாமல் இல்லை. அணுவாற்றல் ஆயுதங்களைப் பயன்படுத்தினால் பல நாடுகளுக்குப் பெருங்கேடு விளையும் என்ற அச்சமே மற்றொரு உலகப் பெரும்போர் மூளாமல் தடுக்கக்கூடும். இன்று விடுதலை பெற்றுள்ள நாடுகள் அனைத்தும் அணுவாற்றலின் ஆக்க வேலைத் திட்டங்களில் ஈடுபட்டுள்ளன. அணுவாற்றலால் விளையக்கூடிய நன்மைகள் யாவும் எல்லோருக்கும் உரியவை. 'அணுவாற்றல் தேவையா?' என்ற பிரச்சினையில் நாம் ஈடுபடத் தேவையில்லை. 'அணுவாற்றலை உலக நன்மைக்கு எங்ஙனம் கையாளுவது' என்ற பிரச்சினையில்தான் நாம் அனைவரும் ஈடுபடவேண்டும். ஒவ்வொருவரும் அணுவாற்றல் திட்டத்தில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்களை அறிந்துகொள்ள முனையவேண்டும். அணுவாற்றல்பற்றிய நூல்கள், பருவ வெளியீடுகள், செய்தித்தாள்கள் ஆகியவற்றைப் படிப்பதில் அக்கறை காட்ட வேண்டும். மக்களாட்சி நடைபெறும் இக்காலத்தில் மக்கள் அணுவாற்றல்பற்றி நினைப்பதும், சொல்வதும், செய்வதும் மக்களின் பிரதிநிதிகளாகவுள்ள அரசியல் தலைவர்களின் செயல்களை உருவாக்குவதில் பங்கு பெறும். எதிர்

காலத்தில் அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்துவது மக்கள் கையில்தான் இருக்கின்றது. தனிப்பட்ட மனிதர்கள் சீரும் சிறப்பும் பெற்றால் மக்களாட்சி முறையும் சிறக்கும்; மன்பதையும் உய்யும். இனி, எதிர்காலத்தில் அணுவாற்றல் எவ்வெவ்வாறு பயன்படக்கூடும் என்பதைச் சிறிது காண்போம்.

மிக உயர்ந்த நுண்ணணுப் பெருக்கியிலும் கண்ணுக்குப் புலனாகாத நுண்ணிய அணுவில் அடங்கிக் கிடந்த பேராற்றலை மனிதன் விடுவித்துக் கட்டுப்படுத்தினநாள்தொட்டு தொழில்துறை நுட்பங்கள் அணுவாற்றலில் வளர்ந்திருக்கின்றன. இன்று நாம் 'அணு சகாப்தத்தின்' வாயிற்படியில் இருக்கின்றோம். இந்தச் சகாப்தம் நமக்கு அளிக்கும் எல்லையற்ற நன்மைகள் இதுகாறும் நாம் தொழில்வளர்ச்சியில் பெற்ற நன்மைகளைவிட மிக அதிகமாகவே இருக்கும் என்று எதிர்பார்க்கலாம். அமைதிக் காலத்தில் அணுவாற்றலால் பெறக்கூடிய நன்மைகளனைத்தினையும் ஆராய்ந்து காண அறிவியலறிஞர்கட்குச் சந்தர்ப்பம் கிட்டுமானால், நமது எதிர்கால வாழ்க்கையின் ஒவ்வொரு படியிலும் அணுவின் நுட்பமான ஆற்றலின் தன்மையை ஏதாவது ஒரு முறையில் காணலாம். இன்று அத்துறையில் அடிப்படை முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பெற்றுள்ளன; இன்னும் ஏராளமான செயல்கள் ஆற்றவேண்டியதாக இருப்பினும், பயனுள்ள முறையில் பல வியத்தகு அம்சங்கள் நமக்குத் தலைகாட்டத் தொடங்கி யிருக்கின்றன.

மின்னாற்றல்: அணுவாற்றல் மின்னாற்றலின் எல்லையற்ற மூலமாக இருப்பதால், அதிலிருந்து பல பெரிய பெரிய நன்மைகளை யெல்லாம் எதிர்பார்க்கலாம். நீரிய குண்டு[1] செய்வதற்கு மட்டிலும்தான் பயன்படும் என்று கருதப்பெற்ற 'இணைதல் கிரியை'[2] யினை ஆராய்ச்சிக்குட்படுத்தி அதிலிருந்து அணுவாற்றலை உண்டாக்கலாம் என்று

[1] நீரியகுண்டு - H-bomb. [2] இணைதல் கிரியை - fusion process.

கண்டறிந்துள்ளனர். பல்லாண்டுகட்குப் பயன்படக் கூடிய மின்னாற்றல்-நிலையங்கள்[3] கட்டப்பெற்று வருகின்றன. ஒருசில அணுவியல் விற்பன்னர்கள் சில உயரிய மின்னாற்றல் நிலையங்களை அமைத்து அவற்றின்மூலம் வீட்டுத் தேவைகளுக்கு வேண்டிய எல்லாவித மின்னாற்றல்களையும் ஆண்டொன்றுக்கு எட்டு ரூபாய் செலவில் தருதல் கூடும் என்று நம்புகின்றனர். அணுவாற்றலை உற்பத்தி செய்யும் பொறிகள் மின்னாற்றலைத் தருவதுடன், அணு உலைகளில் பயன்படும் பக்குவிடக்கூடிய வேறு பொருள்களையும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களையும் பல்வேறு வேதியற் பொருள்களையும் உற்பத்தி செய்யப் பயன்படுகின்றன. இன்னும் சில அணுவியல் நிபுணர்கள்[4] எதிர்காலத்தில் தானோடிகளிலுள்ள மின்கலத்தின் அளவுள்ள ஒரு அணுவாற்றல் பொறியை அமைத்துவிடலாம் என்று கனவு காண்கின்றனர். அத்தகைய ஒரு சிறிய பொறியைக்கொண்டு ஒருவருக்கு ஆயுட்காலம் முழுவதிலும் தேவையான மின்னாற்றலைப் பெற்றுக்கொள்ளலாம் என்றும் அவர்கள் நம்புகின்றனர்.

உணவுப் பொருள் பாதுகாப்பு: எதிர்காலத்தில் அணுவாற்றலைக் கொண்டு புலத்திலிருந்து கிடைக்கும் உணவுப் பொருள்களையும் பிராணிகளிடமிருந்து கிடைக்கும் இறைச்சிப் பொருள்களையும் பாதுகாக்கும் நுட்பமான தொழில் நுணுக்கங்கள் கண்டறியப்பெறலாம். சிலவகை உணவுப் பொருள்களைக் கதிரியக்கம் பெறச்செய்து அவை பல் வாரங்கள் கெடாமலிருக்கும் தன்மையை ஏற்கெனவே சோதித்துக் கண்டறிந்துள்ளனர். சீதள அலமாரிகளில் உண்ணும் பொருள்களை வைத்துப் பாதுகாப்பதற்குப் பதிலாக சாதாரண சூட்டு நிலையிலேயே அவைகளை வைத்துப் பாதுகாக்கலாம். உருளைக் கிழங்குகளை இலேசான கதிர்வீசலுக்குட்படுத்தி அவை ஓராண்டுக்கு மேல் கெடாமல் இருக்கும் முறையைக் கண்டறிந்திருப்பது இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்

[3] மின்னாற்றல்-நிலையங்கள் - power plants. [4] அணுவியல் நிபுணர்கள் - atomic experts.

டாகும். 1952-ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் புரூக் ஹேவன் தேசிய ஆய்வகத்தில் கோபால்ட்டு-60-ஐக் கொண்டு ஓர் உருளைக் கிழங்கின்மீது 20,000 ராண்ட்ஜென்கள் அளவு காமா-கதிர்களைச் செலுத்தி இச்சோதனை செய்யப்பெற்றது. கதிர்வீச்சிற்குட்படுத்தப்பெறாத உருளைக் கிழங்கு முளைத்து வற்றிப்போக, கதிர்வீச்சிற்குட்படுத்தப் பெற்ற கிழங்கு அப்படியே கெடாமல் இருந்தது. இரண்டு ஆண்டுகள் வரையிலும் உருளைக்கிழங்குகள் கெடாமல் பாதுகாப்பதற்குரிய முறைகளைக் குறைந்த செலவில் காணும் திட்டங்கள் வகுக்கப் பெற்றுள்ளன. மிச்சிகன் பல்கலைக் கழகத்தில்[5] மேற்கொள்ளப்பெற்ற சோதனைகளினால் வெங் காயத்தையும் அதே முறையில் சேமித்து வைக்கலாம் எனக் கண்டறிந்துள்ளனர். இவ்வாறு சேமித்து வைக்கப் பெறும் உணவுப் பொருள்களின் சுவையும் திருப்திகர மாகவே இருக்கின்றது.

இதே முறையினைக் கையாண்டு இறைச்சிப் பொருளை யும் பாதுகாக்கலாம் என்று ஆய்வாளர்கள் உற்சாகத்துடன் முயன்றுவருகின்றனர். இத்துறையில் பல சோதனைகளைச் செய்து மூன்று நாட்கள் அலமாரியில் 32°F சூட்டுநிலையில் வைத்திருக்கக் கூடிய மாட்டிறைச்சியைப்[6] பதினைந்து நாட் கள்வரையிலும் வைத்திருக்கக்கூடும் என்று கண்டனர். கோபால்ட்டு-60 என்ற ஓரிடத்தானிலிருந்து வரும் காமா-கதிர்களை இவ் விறைச்சியின்மீது பாய்ச்சி இம்முறை யில் வெற்றி கண்டனர். கதிர்வீசலுக்குட்படுத்துவதற்கு முன்னர் அறிவியலறிஞர்கள் சீதள அலமாரியிலிருக்கும் பொழுது மேற்படி இறைச்சியைக் கெடுக்கக் கூடிய பாக்டீரியாவைச் சிறிய அளவுகளில் அதனுள் குத்திப் புகுத் தினர். காமா-கதிர்களுக்குட்படுத்தப்பெற்ற இறைச்சி ஒருவார இறுதியில் கெட்டுப் போயிற்று. இதுவும் இது போன்ற பிற சோதனைகளும் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சியினைப் பல்வேறுவித இறைச்சிப் பொருள்கள், மீன், சமைக்காத

[5] மிச்சிகன் பல்கலைக் கழகம் - Michican University.

[6] மாட்டிறைச்சி - beef.

காய்கறிகள் ஆகியவற்றைப் பாதுகாக்கும் முறையில் பயன் படும் சாதனமாகக் கொள்ளலாம் என்பதைப் புலப்படுத்து கின்றன. ஆனால், அன்றாடத் தேவைகளில் இம்முறையை மேற்கொள்வதற்கு முன்னர் ஏராளமான சோதனைகள் செய்யப் பெறவேண்டும்.

இவ்வாறு உணவுப் பொருள்களைப் பாதுகாப்பதில் ஒரே ஒரு கஷ்டம் உள்ளது. வழக்கமாகப் பயன்படும் முறைகளை நோக்குமிடத்து, அணுபற்றிய கதிரியக்கம் அதிகச் செலவில் மேற்கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது. அன்றியும், பல்வேறு சந்தர்ப்பங்களில் இம்முறையை மேற்கொள்ளும்பொழுது, உணவுப் பொருள்களின் சுவையும் நிறமும் கெடாதிருக்கு மாறும், முக்கிய விட்டமின்களும் ஏனைய ஊட்டச்சத்துக் களும் சிதையாதிருக்குமாறும் அம்முறையைச் சீர்படுத்த வேண்டியது அவசியமாகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு மேல் கதிர்வீசல் உணவுப் பொருள்களை நஞ்சுடையனவாகச் செய்வதால், உணவுப்பொருள்களுக்கு எந்த அளவு கதிர் வீசல் தரப்பெறுதல் வேண்டும் என்பதை அறிவியலறிஞர் கள் கண்டறியவேண்டியது முக்கியமாகும். எனினும், இத் துறையில் ஆராய்ச்சிகளை நடத்துபவர்கள் இத்திறன் வெற்றி கரமாகக் கண்டறியப்பெறும் என்பதில் ஐயமின்றி யுள்ளனர். அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டுச் சைனியப் பாதுகாப்பு அதிகாரி கள் பல கோடிக்கணக்கான டாலர் செலவில் ஓர் ஐந்தாண் டுத் திட்டத்தை வகுத்து உணவுப்பொருள்களைக் கெடாமல் பாதுகாக்கும் வழிகளை ஆராய்ந்து வருகின்றனர். தகரப் புட்டிகளில் அடைத்தல், சீதள அலமாரிகளில் வைத்தல் என்ற முறைகளுடன் கதிரியக்க முறையினாலும் உணவுப் பொருள்களைச் சேமிக்க முடியுமானால், சைனியங்களுக்கும் பொது மக்களுக்கும் பெருநன்மை விளையும்.

செயற்கை முறையில் உணவு: அணுவியல் அறிஞர்கள் இப்பொழுது மேற்கொண்டிருக்கும் ஆராய்ச்சிகளினால் ஒரு விநோதமான விளைவினை எதிர்பார்க்கலாம். பச்சைத் தாவ ரங்களின்றி செயற்கை முறையில் உணவு உற்பத்தி செய்ய லாம் என்று எண்ணி ஆராய்ச்சிகள் நடத்திக் கொண்டு

வருகின்றனர். ஓக் ரிட்ஜ் என்ற இடத்திலுள்ள அறிவியலறிஞர்கள் கதிரவன் ஒளி, காற்று, நீர் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி சிறு அளவில் உணவினைத் தயாரித்து வெற்றிகண்டு விட்டனர்.

மருத்துவம் : இத்துறையில் கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி பெரிதும் பயன்படலாம். பல்வேறு வகை மருந்துச் சரக்குகளும் பிற பொருள்களும் சிறந்த முறையில் பயன்பட வேண்டும் என்று கருதி அவற்றில் நோயணுக்களை[7] அகற்றும் செயல்களில் கதிரியக்கத் திறன்கள் சோதனை செய்யப் பெற்று வருகின்றன. நோயணுக்களை அகற்றும்[8] சாதாரண முறைகளினால் மருந்துச் சரக்குகளுக்கு நன்மையை விடத் தீங்கே அதிகமாக நேரிடுகின்றது. வழக்கமாக மருந்துச் சரக்குகள்[9] பிரத்தியேகமான சிமிழ்களில் அல்லது குழாய்களில் வைக்கப்பெற்று உயர்ந்த சூட்டுநிலைக் குட்படுத்தப் பெறுகின்றன. இதனால் மருந்துச் சரக்குகளின் கொள்கலன்[10] கேடுற்று மருந்துச் சரக்குகளும் பயன்படாத நிலைக்குள்ளாகின்றன. ஆர் யோ மை ஸி ன்[11] ஸ்ட்ரெப்டோமைஸின்[12] குருதி நிணநீர்[13] போன்ற பொருள்களைப் பாதுகாக்க இம்முறை பயன்படுகின்றது. இறுதியில் சொல்லப் பெற்ற பொருளைக் கையாளுவதில் சிரமம் உள்ளது; அதனைச் சிறந்த முறையில் நோயணு அகற்றுதல் செய்யாவிடில், அது நோயாளிக்குப் பெருங்கேடு விளைவித்தல் கூடும்.

சாதாரணமான கொள்கலன்களில் மருந்துச் சரக்குகளை வைத்து அவற்றின்மீது காமா-கதிர்க்கற்றையைச் செலுத்தினால், அவற்றிலிருந்து திருப்திகரமான முறையிலும் விரைவாகவும் நோயணுக்கள் நீங்கப்பெறும் என்றும், இதனால் கொள்கலன்கள் கேடுறுவதில்லை என்றும் அறிவியலறிஞர்கள் நம்பு

[7] நோயணு - microbe. [8] நோயணுக்களை அகற்றுதல் sterilization. [9] மருந்துச் சரக்கு - drug. [10] கொள்கலன் container. [11] ஆர்யோமைஸின் - aureomycin. [12] ஸ்ட்ரெப்டோமைஸின் - streptomycin. [13] குருதி நிணநீர் - blood plasma.

கின்றனர். இந்த முறையில் அணுக் கதிர்வீசல் வெற்றிகர மாக இருக்குமாயின், அது மருத்துவத் துறையில் மாபெரும் பணிபுரிந்து மானிட வர்க்கத்துக்கே பெருந்துணையும் புரியும் என்பதற்கு ஐயமில்லை. இதனால் குறைந்த செலவில் மிகத் திறமையான, பயன்தரக் கூடிய மருந்துச் சரக்குகளை உற் பத்தி செய்யவும் முடியும்.

அணுக்கதிர்களைக் கொண்டு மருந்துக்களுக்கும் நுண் ணுயிர் அழிப்புச்[14] செய்யக்கூடும் என்ற நம்பிக்கைக்கும் இடம் உண்டு. மருத்துவத்துறையில் இன்னொரு முறை யிலும் அணுவாற்றல் பயன்படுகின்றது. சில மருந்துத் தாவ ரங்களைக் கதிரியக்கமுள்ள செடிவீட்டில்[15] வளர்ப்பதால் கதிரியக்கமுள்ள மருந்து வகைகள் உற்பத்தி செய்யப் பெறு கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, பாக்ஸ் குளோவ்[16] என்ற ஒருவகைப் பூண்டிலிருந்து டிஜிடாக்ஸின்[17] என்ற ஒரு இதய மருந்து தயாரிக்கப்பெறுகின்றது. காற்றுக் கட்டுப்பாடுள்ள ஒரு செடிவீட்டில் கதிரியக்கக் கார்பன் உள்ள கரியமில வாயு இருக்குமாறு செய்து இந்தப் பூண்டுகளை வளர்க்கின் றனர். சாதாரணக் காற்றிலுள்ள கரியமில வாயுவை உப யோகிப்பது போலவே, கதிரியக்கமுள்ள அவ் வாயுவையும் செடிகள் பயன்படுத்துகின்றன. தொடுப்பு அணுக்கள்[18] தாவரத்தின் உறுப்புக்களிலெல்லாம் பரவுகின்றன; பிறகு அத்தாவரத்திலிருந்து தயாரிக்கப்பெறும் சுத்தமான டிஜி டாக்ஸின் மருந்திலும் அந்த அணுக்கள் காணப்பெறு கின்றன. தொடுப்பு அணுக்களுள்ள டிஜிடாக்ஸின் மருந்து மானிட உடலில் எவ்வளவு கால அளவு தங்குகிறது என் பதை இனி கண்டறியக் கூடும். சிக்காகோ பல்கலைக் கழகத்தில்[19] மேற்கொள்ளப்பெற்ற சோதனை யொன்றினால் இம்மருந்து 40 முதல் 70 நாட்கள் வரையில் உடலில் தங்குகிறது எனக் கண்டுள்ளனர். மருத்துவ நிபுணர்கள்

[14] நுண்ணுயிர் அழிப்பு - sterilization. [15] செடிவீடு - green house. [16] பாக்ஸ் குளோவ் – fox glove, [17] டிஜிடாக் ஸின் - digitoxin. [18] தொடுப்பு அணுக்கள் - tagged atoms. [19] சிக்காகோ பல்கலைக்கழகம் - Chicago University.

நினைத்திருந்ததைவிட இக் காலஅளவு மிகவும் அதிகமே. இந்தச் சோதனை முடிவைப் பயன்படுத்தி மருத்துவ நிபுணர்கள் இதய நோயாளிகளுக்குத் துல்லியமான அளவில் மருந்து கொடுக்கலாம்.

தீராத நோய்களையும் அணுவாற்றலால் கட்டுக்குள் கொண்டுவந்து விட்டனர். எத்தனையோ நோய்கள் வேருடன் அழிக்கப்பெற்று விட்டன. இன்னும் பல நோய்கள் வருங்காலத்தில் இந்த அழிவுப் பட்டியலில் சேர்ந்து விடும். இப்பொழுது நீரிழிவு நோய் [20] கட்டுக்கு அடங்கி விட்டது. இளம்பிள்ளை வாதம், [21] புற்றுநோய் போன்ற நோய்களின் மீதும் விரைவில் வெற்றி கிட்டும் என்று நம்பலாம். ஸோரையாஸிஸ், [22] எக்ஸிமா [23] போன்ற தோல்நோய்கள் உயிருக்கு விபத்து விளைவிக்கக் கூடியனவாக இராவிடினும், அவை எங்கும் பரந்து காணப்படுபவை. அவற்றை வேருடன் அழிக்கும் காலம் நெருங்கி வருகின்றது. அணுவாற்றலின் துணைகொண்டு செய்யப்பெறும் மருத்துவத்துறை ஆராய்ச்சிகளால் மக்களின் துன்பம் மட்டுப்படுத்தப்பெறும்; அவர்கள் வாழ்நாளும் நீளும்.

மக்கள் நூற்றாண்டு வாழ்வதெப்படி? என்று ஏங்கியிருந்தகாலம் மலையேறிவிடும் என்பதை மேலேகண்டோம். வயதானவர்களின் எண்ணிக்கை நாளடைவில் பெருகும் என்பது திண்ணம். கிழவர்களிடம் தோன்றும் நோய்களைப் பற்றிய துறையிலும் —ஜெரீயாட்ரிக்ஸ்[24]— அறிவியலறிஞர்கள் ஆராய்ச்சியைத் தொடங்கிவிட்டார்கள். இந்த நூற்றாண்டின் இறுதிக்குள் அவர்களிடம் தோன்றும் நோய்களையும் பீடைகளையும் கட்டுப்படுத்தி விடுவார்கள் என்று எதிர்பார்க்கலாம். இன்றைய சூழ்நிலையில் பிறப்பு வீதமும் அதிகரித்து வருகிறது என்பது யாவரும் அறிந்தசெய்தி. ஆகவே, உலகில் மக்கட் பெருக்கம் அதிகரித்து வருகிறது என்பது தெளிவு.

---

[20] நீரிழிவு நோய் - diabetes. [21] இளம்பிள்ளை வாதம் - poliomyletis. [22] ஸோரையாஸிஸ் - psoriasis. [23] எக்ஸிமா - eczema. [24] ஜெரீயாட்ரிக்ஸ் - geriatrics. (வயதானவர்களின் நோய்க்கலை)

தொழில் துறை : இதுகாறும் ஏனைய துறைகளைவிட தொழில் துறைதான் அணுவாற்றலை ஆக்க வழிகளில் பெரிதும் பயன்படுத்தி வந்திருக்கின்றது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளிலும் கனடாவிலும் மட்டிலும் ஆயிரத்திற்கு மேற்பட்ட தொழிற்சாலைகள் அணுவாற்றலைப் பல்வேறு தேவைகளுக்கு ஏதாவது ஒன்று அல்லது இரண்டுவித வடிவங்களில் பயன்படுத்திவருகின்றன. எதிர்காலத்தில் இவ்வாறு பயன்படுவது இன்னும் அதிகமாகலாம். மோட்டார் டயர் தொழிற்சாலையொன்று அணுக் கதிர்வீசலைப் பயன்படுத்தி சிறந்த டயர்களை உற்பத்தி செய்யலாம் என நம்புகின்றது. கந்தகத்தை உபயோகித்துச் செய்யும் தொழில் திறன் இன்னும் நயமாகும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது. பிளாஸ்டிக்[28] சாமான்களைக் கதிர்வீசலுக்குட்படுத்தி பல வியத்தகு மாற்றங்களை உண்டாக்கலாம் என்று தொழில் நிபுணர்கள் கருதுகின்றனர். சிலவகைப் பிளாஸ்டிக்குகளைக் காமா-கதிர்வீசலுக் குட்படுத்தினால் அவை எஃகை விடக் கடினமாகின்றன என்று சோதனைகள் நிரூபித்திருக்கின்றன. இதுவும் இலேசான எடையும் நெருப்புப் பற்றாமையும் ஒன்று சேர்ந்து பிளாஸ்டிக்குகளை வீட்டிலும் வாணிகத் துறையிலும் கட்டிடங்கள் கட்டுவதில் அவற்றின் பயன்களை அதிகமாக்குகின்றன. பாலிஎத்திலீன்[29] என்ற மெதுவான, எளிதாக வளையுந்தன்மையுள்ள பிளாஸ்டிக்கின் தன்மைகளைக் காமா-கதிர்வீசல் அடியோடு மாற்றிவிடுகின்றன என்பதைச் சோதனைகளால் அறிகின்றோம்.

நாம் கையினால் பிழிந்து உள்ளிருக்கும் எண்ணெயை எடுக்கக்கூடிய பிளாஸ்டிக் போத்தல்களைப்[30] பார்த்திருக்கின்றோமல்லவா? அவை பாலிஎத்திலீன் என்ற பிளாஸ்டிக் வகையால் செய்யப் பெற்றவை. சாதாரணமாக அவ்வகை பிளாஸ்டிக் விரிந்த முறையில் பயன்படுவதில்லை. காரணம், அது 80°C சூட்டு நிலையிலேயே மிகவும் மென்மையாகிவிடுகின்றது; 115°C சூட்டுநிலையில் திரவ நிலையை அடைந்து

[28] பிளாஸ்டிக் - plastic. [29] பாலிஎத்திலீன் – polyethelene. [30] போத்தல் - bottle.

விடுகின்றது. ஆல்ககாலும்[31] வேறு பல கரிமப் பாய்மங்களும்[32] அதனை எளிதில் கரைத்துவிடுகின்றன. ஆனால் அதனைக் கதிர்வீசலுக்குட்படுத்தினால் அதன் அணுத்திரளையமைப்பில் வியத்தகு மாற்றங்கள் உண்டாகின்றன. முதலில் அதன் கரைதல்-தடை[33] அதிகமாகிறது: 115°C அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சூட்டு நிலையிலும் அது திரவ நிலையை அடைவதில்லை. இதுவும் இதுபோன்ற பிற மாற்றங்களும் பாலிஎத்திலீன் என்ற பிளாஸ்டிக் பொருளைப் பல்வேறு வகைகளிலும் பயன்படச் செய்யக்கூடும். மகளிர் பயன்படுத்தும் ஸ்டாக்கிங்ஸை உற்பத்திசெய்வோர் அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தி அவை விரைந்து கிழியாமல் நீண்ட நாள் நீடிக்கக்கூடியதாக உற்பத்தி செய்யும்காலம் அதிகத் தொலைவில் இல்லை.

போக்கு-வரவு: அணுவாற்றலின் உபயோகம் உற்பத்தித் துறையுடன் நின்றுவிடப் போவதில்லை. அது போக்கு-வரவு சாதனங்களில் புரட்சிகரமான வடிவத்தில் பயன்படப் போகிறது என்று எதிர்பார்க்கலாம். நீர் மூழ்கிக் கப்பல்களைச்[34] செலுத்தும் பொறிகளை அமைப்பதில் முயற்சி எடுக்கப்பெற்று அதில் ஓரளவு வெற்றியையும் கண்டுவிட்டனர். சாமான் செலுத்தும் கப்பல்களிலும் மக்கள் ஏறிச் செல்லும் பிரயாணக்கப்பல்களிலும் அணுப் பொறிகளை அமைத்து அவற்றைச் செலுத்தும் திட்டம் செயற்பட்டுக் கொண்டிருக்கின்றது. காற்பந்து[35] அளவுள்ள யுரேனியத்தைக்கொண்டு இந்தக் கப்பல்களை மீண்டும் மீண்டும் எரியைகளைப் போடாது உலக முழுவதையும் சுற்றி வருவதற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

எதிர்காலத்தில் தண்டவாளங்களில் செல்லும் ஊர்திகளும் விமானங்களும் அணுவாற்றலாலேயே செலுத்தப் பெறலாம் என்று அணுவியல் நிபுணர்கள் சோதிடம் கூறு

[31] ஆல்ககால் - alcohol. [32] கரிமப் பாய்மம் – organic fluid. [33] கரைதல்-தடை - solubility resistance. [34] நீர் மூழ்கிக் கப்பல் - submarine. [35] காற்பந்து - soccer ball.

கின்றனர். நியூ யார்க் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த டாக்டர் லைல் பார்ஸ்ட்டு என்பார் தண்டவாளத்தில் செல்லும் அணு வாற்றல் பொறி யொன்றின் அமைப்பை ஆயத்தம் செய்து விட்டார். அந்தப் பொறியில் யுரேனியத்தைப் பக்குவிடும் பொருளாக அமைத்து நீரால் குளிர்விக்கப்பெறும் நீராவி வகை உலையொன்று அமைக்கப் பெறும். அது இன்று மிகத் திறனாக இயங்கும் டீஸெல் இடப்பெயர்ச்சிச் சாதனத்தை[36] விட நான்கு மடங்கு அதிக ஆற்றலுடன் இயங்கும் என்று சொல்லப்பெறுகின்றது. அன்றியும், அது பதினொரு இராத்தல் யுரேனியத்தைக்கொண்டு ஓராண்டு முழுவதுமே இயங்குமாம்.

அணுவாற்றல் விளைவிக்கும் அற்புதப் பயன்களில் விமானப் பயணத்தில் ஏற்பட்டிருக்கும் முன்னேற்றம் மிகவும் முக்கியமானது. நீண்டகாலம் வரையறை யொன்று மின்றி வானத்திலேயே செல்லக்கூடிய ஒரு விமானத்தைக் கற்பனையில் காணலாமன்றோ? அத்தகைய விமானம் இப் பூமண்டலத்தை ஒரு தடவை—ஏன்? பல தடவைகள்—கணக்கில்லா வேகத்துடன் சுற்றிவரக் கூடும். ஆனால், அத்தகைய விமானம் ஒன்றை அமைப்பதற்கு முன்னர் பல பிரச்சினைகளுக்குத் தீர்வு காணவேண்டும். விமானத்தி லுள்ள சிறிய இடத்தில் அமைக்கக் கூடிய மிகச் சிறியதும் இலேசாகவுள்ளதுமான அணு இயந்திரம்[37] ஒன்றை அமைப்பதில் முதல் சங்கடம் எழுகின்றது. அணு இயந் திரங்களில் கதிர்வீசலைத் தடுக்கும் காப்புறை[38] அமைத்தல் இன்றியமையாதது என்பது நமக்குத் தெரியும். ஆனால், இன்றுள்ள மிகச் சிக்கலான[39] கருவித் தொகுதியமைப்பு[40] மிகப் பளுவாக இருப்பதால் அது விமானத்திற்குச் சரிப் படாது. இவற்றை எளிதாக்கும் முறைகள் ஆராயப்பெற்று வருகின்றன. மிக விரைவில் இக்குறைகளை யெல்லாம் நீக்கி

---

[36] டீஸெல் இடப் பெயர்ச்சிச் சாதனம் - diesel locomotive. [37] அணு இயந்திரம் – reactor. [38] காப்புறை - protective shielding. [39] மிகச் சிக்கலான - combersome. [40] கருவித்தொகுதி - equipment.

ஒரு சாதனம் இயற்றப்படும் என்றும் எதிர்பார்க்கப்பெறு கின்றது. அண்மையில் வெளிவந்த அணுவாற்றல் குழுவின் அறிக்கை யொன்ருல் இத்தகைய சாதனம் இன்னும் பத்து ஆண்டிற்குள் இயற்றப்படும் என்றும் அறிகின்ருேம். அறிவியலறிஞர்களும் பொறியியல் வல்லுநர்களும் தம் வளர்ச்சி வேலையில் திடீரென்று கொள்கையை மாற்றிக் கொண்டு புதிய உண்மைகளைக் காண்பார்களாயின், இத்துறையில் முன்னேற்றம் இன்னும் விரைவில் ஏற்பட்டாலும் ஏற்படலாம். இப்பொழுது அமெரிக்காவில் ஒரு கம்பெனியில் செய்யப்பெற்ற சோதனை இயந்திர அமைப்புத் திட்டத்தில் குழல்கள், வால்வுகள், திறந்தவெளிகள் முதலியவைகளின்றி ஓர் அணு இயந்திரம் அமைத்திருக்கின்றனர். இதனுல் அவ் வியந்திரத்தின் எடை வழக்கமாக இருக்கும் இயந்திரத்தின் எடையில் பாதியளவுக்குக் குறைந்திருக்கின்றது. அணு இயந்திரத்தின் உள்ளகத்தை[41] ஓர் உருளை வடிவமான சூடுமாற்றியினுள்[42] வலைக்கண்போல் அமைத்து இயந்திரத்தின் அளவையும் கனத்தையும் குறைத்துவிட முடியும் என்று அவர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர்.

இத்தகைய விமானத்தில் அணுவாற்றலால் இயங்கும் எந்த வகை இயந்திரத்தைப் பயன்படுத்துவதென்பது ஒரு முக்கிய பிரச்சினையாகும். அமெரிக்காவிலுள்ள விமானம் செய்யும் கம்பெனி ஒன்றிலுள்ள விமானப் பொறியியல் நிபுணர் ஒருவர் மூன்றுவிதமாக இதனைச் சமாளிக்கலாம் என்று சோதிடம் கூறுகின்ருர். அணு உலையிலிருந்து[43] தோன்றும் ஆற்றலைக்கொண்டு ஒரு டர்ப்போஜெட் இயந்திரத்தையோ,[44] ஒரு டர்ப்போபுராப் இயந்திரத்தையோ[45] அல்லது ஒரு ராக்கெட் மோட்டாரையோ[46] இயங்கச் செய்யலாம். அணுப் பொறிகளுக்குக் காப்புறை அமைத்தல் போன்ற பல்வேறு பிரச்சினைகள் தீர்க்கப் பெற்றுவிட்டால், மனோ வேகத்தை யொத்த வேகத்தில் செல்லவல்ல ஆட்கள்

[41] உள்ளகம் - core. [42] சூடுமாற்றி – heat exchanger. [43] அணு உலை – reactor. [44] டர்ப்போஜெட் இயந்திரம் – turbojet engine, [45] டர்ப்போபுராப் இயந்திரம் - turboprop engine. [46] ராக்கெட் மோட்டார்-rocket motor.

ஏறிச் செல்லும் விமானம் ஒன்றை அமைத்துவிடலாம் என்பது அவ்வறிஞரின் நம்பிக்கை. அந்த விமானம் வண்டு பறப்பதுபோல் இரண்டு மணிநேரத்தில் இவ்வுலகத்தையே சுற்றி வரக்கூடும்.

குடியேற்றங்கள் : மின்சாரத்தைக் கொண்டு செய்யப் பெறும் நவீன வசதிகளின்மையால் மக்கள் நாட்டுப்புறத்தைத் துறந்து நகர்ப்புறத்தை நாடி வந்துகொண்டிருக்கின்றனர். இயற்கை வனப்புக்களையும் இயற்கைச் செல்வங்களையும் கைவிட்டு செயற்கை முறைகளில் மோகங்கொண்டு இவர்கள் நகரங்களில் குடியேறுகின்றனர். அணுவாற்றலைக் கொண்டு இயங்கவல்ல மின்கடங்கள் கண்டறியப் பெற்று அவை எங்கனும் பெருவழக்காகி விடும்பொழுது, சிற்றூர்கள் செழிக்கும் ; பாட்டாளி மக்களும் பிறரும் சிற்றூர்களிலேயே தங்குவர். இதனால் இயற்கைச் செல்வங்களைக் கொழிக்கச் செய்யலாம்.

மக்கள் தொகை பெருகப் பெருக, புதிய குடியேற்றங்களும்[47] பெருக வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். இதனால் பாலைவனங்களாகக் கிடக்கும் பகுதிகள் யாவும் சோலைவனங்களாகக் கூடும். கனிமரங்களும், பூஞ்சோலைகளும், பயிர் வகைகளும் எம்மருங்கும் காணப்பெறும் காட்சிகளாகி விடும். பகீரதன் ஆகாயத்திலிருந்து தவ வலிவால் கங்கையைப் பாதாளத்திற்குக் கொண்டு சென்றான் என்பது புராணத்தில் காணப்படும் செய்தி. இன்றைய அறிவியல் அறிஞன் இந்த அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தி அரக்கப் பொறிகளால் இயங்கும் பம்புகளைக்கொண்டு மணல் தரைக்குக் கீழ் பாதாளத்திலுள்ள நீர் மூலத்திலிருந்து நீரை பூமிக்குக் கொணர்ந்து விடும் செய்தியை எதிர்காலத்தில் காணப்போகின்றோம். இன்னும், அணுவாற்றலால் பெறும் சூட்டையும் மின்னாற்றலையும்கொண்டு ஆர்க்டிக் பகுதி போன்ற பனிப் பிரதேசங்களிலும்[48] சிறந்த குடியேற்றங்களை அமைத்துவிடலாம் என்று நம்புகின்றனர்.

[47] குடியேற்றம் – colony. [48] பனிப் பிரதேசங்கள் – frigid zones.

அணு எரியைகள் : பல்லாயிரக் கணக்கான ஆண்டு கட்கு உபயோகப்படக்கூடிய அணு எரியைகள் கிடைத் துள்ளன என்று அண்மையில் அறிந்துள்ளனர். பூமியில் ஏராளமான யுரேனியப் படிவுகள் உள்ளன என்பதை நாம் நன்கு அறிவோம். அதைவிட அதிகமாகத் தோரியம் கிடைக் கிறது என்று சொல்லப்பெறுகின்றது. இதுகாறும் தோரி யத்தைப் பிரித்தெடுப்பது கஷ்டமாகவும் இருந்தது; செல வும் கட்டுக் கடங்காததாக இருந்தது. இப்பொழுது நிலக் கரியைக் காட்டிலும் அதனைக் குறைந்த செலவில் பிரித் தெடுக்கலாம் என்று கண்டறிந்து விட்டனர். தோரியம் நேரடியாக அணு எரியையாகப் பயன்படுவதில்லை. அதனை யு-233 ஆக மாற்றிதான் அணு எரியை யாக்கவேண்டும். யு-233 சிறந்ததோர் அணு எரியை என்பது நாம் அறிந்ததே.

தட்ப - வெப்ப நிலை : செடிவீடுகளிலுள்ள தட்ப - வெப்பநிலை பாதுகாப்பான முறையில் கட்டுப்படுத்தப் பெறு கின்றது என்பதை முன்னர்க் கண்டோம். அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தி உலகின் தட்ப வெப்பநிலையையே கட்டுப் படுத்தக் கூடிய நாள் வரும் என்று எண்ணிச் சிலர் கனவு காண்கின்றனர். மலிவான அணுவாற்றல் கிடைக்கும் என்றும், அதனைப் பயன்படுத்தித் தேவையுள்ளபொழுது மழையினைப் பெய்விக்கக் கூடும் என்றும் அவர்கள் எதிர் பார்க்கின்றனர். ஒரு நாட்டின் கடற்கரையருகே செல்லக் கூடியதும் அதன் தட்ப வெப்பநிலையினைப் பாதிக்கக் கூடியதுமான கடல் நீரோட்டங்களைச் சூடாக்க முடியும் என்றும் அவர்கள் பேசுகின்றனர். அண்மைக் காலத்தில் இத்தகைய ஒரு நிலை ஏற்படும் எனத் தோன்றவில்லை. ஒரு கால் அது எக்காலத்தும் கனவாகவே இருக்கக் கூடும்.

அணுகுண்டுகளை வெடிக்கும் சோதனைகளில் வெளிப் படும் அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தி எதிர்கால வானிலை யைத் துல்லியமாகக் கணிக்கச் சில வானிலை ஆராய்ச்சி நிலையங்கள் முயற்சி செய்கின்றன. ஆனால், அணுகுண்டுச் சோதனைகள் விபரீதமான வானிலையையோ, மழையினையோ

பனிப் புயலேயோ விளைவிப்பதில்லை; தற்கால வானிலையை அவை சிறிதும் பாதிப்பதில்லை.

தொல் பொருட்கலை: எதிர்கால வாழ்வைப்பற்றிச் சோதிடங்கூறும் அறிவியல் அறிஞர்கள் கி. பி. 3000-ஆம் ஆண்டில் நம்முடைய வாழ்க்கை எவ்வாறு அமையும் என்று திட்டமாகக் கூறஇயலாது. ஆனால், அவர்கள் கி. மு. 3000-ஆம் ஆண்டில் வாழ்ந்த மக்களின் வாழ்க்கை எப்படியிருந்தது என்று சொல்லிவிட முடியும். அணுவாற்றல் இதற்குப் பெருந்துணை புரிகின்றது. பண்டைய வரலாற்றைப் பாங்குடன் கூறவல்ல தொல்பொருட்கலையில்[48] அணுவாற்றல் வியத்தகு முறையில் பயன்படுகின்றது. அல்லாவுத்தீன் என்ற சிறுவன் தன் கையிலிருந்த அதிசய விளக்கினைக் கொண்டு பல அற்புதக் காட்சிகளைக் கண்டதுபோல, இன்றைய அறிவியலறிஞர் கார்பன்-14 ஐக் கொண்டு பல அரிய உண்மைகளைக் காண்கின்றனர். கார்பன்-14 தொல்பொருட்கலையில் பண்டைக் காலத்தின் திறவுகோலாகப் பயன்படுகின்றது. இந்தக் கதிரியக்கப்பொருளினைக்கொண்டு பழங்காலச் சிதைவுகளிலிருந்து கிடைக்கும் பல பொருள்களின் காலத்தை மிகத் திட்டமாக நிர்ணயிக்கமுடிகின்றது.

உலகிலுள்ள பெரும்பான்மையான பொருள்களிலும்—தாவரங்கள், பிராணிகள், மீன்கள் உட்பட—ஓரளவு கார்பன்-14 இருக்கிறது என்பதை ஆராய்ச்சிகளால் அறிவியலறிஞர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர். கார்பன் - 14 என்ற அணுக்கள் வாயு மண்டலத்தின் மேற்பகுதியில் இயற்றப்படுகின்றன. இந்த அணுக்களை வாயுமண்டலத்தில் வாழும் எல்லா உயிரினங்களும் வேதியல் முறையில் உட்கவருகின்றன.[50] ஒரு செடி பட்டுப்போனாலும் சரி, ஒரு மரம் வேர்களினின்று வெட்டித் துணிக்கப் பெறுமானாலும் சரி, ஒரு பிராணி மரித்துப் போனாலும் சரி, இந்த உட்கவர்தல் என்ற கிரியையும் நின்று போகின்றது; கார்பன்-14-ஐ அவை ஏற்றுக்கொள்ளும் செயலும் நின்றுவிடுகின்றது. ஆனால், அவ்வணுக்கள் பிரிந்தழிந்து போகும்

[49] தொல்பொருட்கலை - archaeology. [50] உட்கவர் - absorb.

செயல்[51] தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றது; கதிர்களை வீசும் செயலும் அங்ஙனமே தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றது. ஒரு பொருளின் அரை–வாழ்வு என்ன என்பது நமக்குத் தெரியும். கார்பன்-14ன் அரை வாழ்வு 5500 யாண்டுகள். அஃதாவது, தொடக்கத்திலுள்ள கார்பன்-14ல் பாதி அளவாகப் பிரிந்தழிவதற்கு 5500 ஆண்டுகள் செல்லும்.

எல்லாப் பொருள்களிலும் உள்ள கார்பன்-14ன் அளவு இன்னது என்பதை ஆராய்ச்சியாளர்கள் தீர்மானித்திருக்கின்றனர். இந்தக் கார்பனை அப்பொருள்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் இழந்து வருகின்றன. பண்டைக் காலத்திய ஒருபொருளில் இப்பொழுது எவ்வளவு கார்பன் இருக்கிறது என்பதைச் சோதனை மூலம் தெரிந்துகொண்டால், அந்தப் பொருள் இவ்வளவு காலத்திற்கு முன்னர் இருந்தது என்பதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். இந்த ஆராய்ச்சியை முதன் முதலில் தொடங்கி வெற்றி கண்டவர் டாக்டர் வில்லார்டு எப். லிப்பி[52] என்பார்; இவர் சிகாகோ பல்கலைக் கழகத்தைச் சார்ந்த உட்கரு ஆராய்ச்சி நிலையத்தின்[53] ஆய்வாளர்களுள் ஒருவர். ஓர் எகிப்திய உத்தரகிரியைப் படகின்[54] மீது தம்முடைய சோதனையைச் செலுத்தி கார்பன்-14 உண்மையில் பண்டைய வரலாற்றின் திறவுகோல் என்பதைக் கண்டறிந்தார். அவர் கண்ட உண்மை வரலாற்று உண்மையுடன் முற்றிலும் இணங்கியிருந்தது. இங்ஙனமே அவர் நியூயார்க் மாகாணத்தின் மேற் பகுதியில் கிடைத்த செவ்விந்தியரின் பண்டைச் சின்னங்களையும் கார்பன்–14 சோதனைக்குட்படுத்தி வெற்றி கண்டார். எனவே, பொருள்களின் வயதை நிர்ணயம் செய்யும் செயலில் கார்பன்-14 என்பது பல பூட்டுக்களுக்குப் பொருந்தும் ஒரு திறவுகோலாகத் திகழ்கின்றது. இந்தத் திறவுகோலைக்கொண்டு இதுகாறும் உத்தேசமாக எழுதப்பெற்றுள்ள வரலாற்று

[51] பிரிந்தழிந்து போதல் - disintegration. [52] டாக்டர் வில்லார்டு எப். லிப்பி - Dr. Willard F-Libby. [53] உட்கரு ஆராய்ச்சி நிலையம் - Institute for Nuclear Studies. [54] எகிப்திய உத்தரகிரியைப் படகு - Egyptian funeral boat

உண்மைகளைச் சரி பார்க்கலாம்; வரலாறும் மாற்றி எழுதப் பெறவேண்டிய சந்தர்ப்பமும் ஏற்படலாம். அமெரிக்கா வில் யேல் பல்கலைக் கழகத்தில்[55] பூகோள கால நிர்ணய ஆய்வகம்[56] ஒன்று நிறுவப் பெற்றிருக்கின்றது. அங்கு பண்டைக் காலத்துச் செல்வங்கள், பாஸில் சிதைவுகள்,[57] தொல் பொருட்கலைச் சின்னங்கள் ஆகியவற்றைச் சோதித்து அவற்றின் காலங்களை நிர்ணயித்து வருகின்றனர். இங்ஙனம் நவீன அறிவியலின் தோற்றமாகிய கார்பன்-14 என்ற அற்புதத் திறவுகோலைக்கொண்டு பழங்காலத்தை வருங் காலத்துடன் இணைக்கலாம். எதிர்காலத்தில் கார்பன்-14 என்ற கதிரியக்கப் பொருளால் தொல் பொருட்கலை ஆராய்ச்சி பல்லாற்ருனும் சிறக்கும். அறிவியலும் வரலாறும் இணையும் அற்புதத்தை நாம் பார்க்கத்தான் போகின்ருேம்.

அணுக் கொள்கையில் எத்தனையோ மாற்றங்கள் ஏற்பட்டுவிட்டன. அணுவியல் தொடுவானத்தை நோக்கிச் சென்றுகொண்டே இருக்கின்றது. அணுவியல் வளர்ச்சிக்கு முற்றுப்புள்ளியே இல்லை. 'அறி தோறும் அறியாமை கண்டற்ருல்.' அணுவாற்றல் இன்னும் என்ன என்ன விதங்களிலெல்லாம் பயன்படப்போகின்றது என்பதை நாம் திட்டமாக வரையறுத்துச் சொல்வதற்கில்லை.

ஒரு காலத்தில் நாம் அணுவினை அண்டங்கட்டும் செங்கலாகமட்டிலும் நினைத்திருந்தோம். ஆனால், அது இன்று அளவற்ற ஆற்றலின் தேக்கம் என்பதை அறி கின்ருேம். அன்றியும், அது நவமணிகளின் பேழையாகவும் விளங்குகின்றது. நவமணிகள் மட்டிலுமா ? இல்லை; இல்லை. அது கடவுட்டன்மை வாய்ந்த ஒரு பெட்டி. மிக மிக ஆழியதாய் ஓங்கி எழும் ஆற்றல் நிறைந்து ஒளிரும் பெட்டி யன்ருே அது ?

மூலபண் டாரம் வழங்குகின்
ருன்வந்து முந்துமினே[58]

[55] யேல் பல்கலைக் கழகம் - Yale University. [56] பூகோள கால நிர்ணய ஆய்வகம் - geo-chrometric laboratory. [57] பாஸில் – fossil. [58] திருவாசகம் – 528.

என்று மணிவாசகப் பெருமான் பாடிய மூலபண்டாரம் வைத்து மூடிய பெட்டி இதுதான். இந்தப் பெட்டியில் நிறைந்துள்ள ஆற்றல் நம்முடைய இருப்பிற்கே வேண்டப் பெறுவது. இந்த ஆற்றல் நம்மைச் சுற்றி எம்மருங்கும் சூழ்ந்துதான் இருக்கின்றது; நினைக்க முடியாத அளவிலும் பரவிக் கிடக்கின்றது. ஆனால், அந்த ஆற்றல் பூட்டப் பெற்றுக் கிடக்கின்றது. அந்தப் பூட்டை இன்றைய அறிவிய லறிஞர்கள் ஓரளவு திறந்துவிட்டார்கள். அணு வெட்ட வெளியாய்—வெறுந் துளையாய்—பெருமாயையாகப் போனு லும் அந்த மாயைக்குள் மாயனையும் கண்டே தீருவோம் என்று அறிவியலறிஞர்கள் விடாது முயன்று வருகின்றனர்.

> எண்ணிய எண்ணியாங்கு எய்துப; எண்ணியார்
> திண்ணிய ராகப் பெறின்.[59]

என்ற வாய்மொழிக் கேற்ப, அவர்கள் அணுவின் இரகசி யத்தையெல்லாம் ஒருநாள் அறிந்தே தீர்வார்கள். அந்த மந்திர ஆற்றலால் மன்பதை உய்யப் போகின்றது; மாந்தர் களின் வாழ்க்கைத் தரம் பல்வேறு முறைகளில் உயரத்தான் போகின்றது. அந்த நாளை எண்ணி இளைஞர் உலகம் அறி வியலை ஆழ்ந்து பயின்று ஆராய்ச்சிப் பாதையில் செல்ல முனைய வேண்டும்.

---

[59] குறள் - 666.

16. மங்கல வாழ்த்து

"அணுவிற் கணுவாய் அப்பாலுக் கப்பாலாய்க்
கணு முற்றி நின்ற கரும்புள்ளே காட்டி
வேடமும் நீறும் விளங்க நிறுத்திக்
கூடுமெய்த் தொண்டர் குழாத்துடன் கூட்டி
அஞ்சக் கரத்தின் அரும்பொருள் தன்னை
நெஞ்சக் கருத்தில் நிலையறி வித்துத்
தத்துவ நிலையைத் தந்தெனை யாண்ட
வித்தக விநாயக விரைகழல் சரணே."[1]

இது அணுயுகம். 'அணுவிற்கு அணுவாகி' என்று அருள் நூல்கள் பாராட்டும் அணுவைத் துருவித்துருவி ஆராயுங் காலம்; அண்டங்களின் அமைப்பும் அணுவின் அமைப்பும் ஒன்றே என்று உலகிற்கு எடுத்தியம்பிய காலம். அணுவைப்பற்றிய செய்திகள் யாவும் சேர்ந்து ஒரு தனி அறிவியல் துறையாக வடிவெடுத்து விட்டன. அதனை அணுவியல்[2] என்று வழங்குவதைவிட உட்கருவியல்[3] என்று வழங்குவதே பொருத்தம். இப்புதிய துறை பௌதிக இயலின்[4] பிரிவு மட்டுமன்று; பௌதிக இயலும் வேதியலும்[5] இணைந்த பிரிவின் அடிப்பகுதியில் அமைந்த ஒரு

[1] விநாயகரகவல் - வரி (64—71) [2] அணுவியல் - atomics. [3] உட்கருவியல் – nucleonics. [4] பௌதிக இயல் - physics. [5] வேதியல் - chemistry.

துறை யென்றே சொல்லவேண்டும். இந்த அடிப்பகுதியி லிருந்து உயிரியல், தொல் பொருட்கலை[6], புவியியல்[7], அண்ட இயல்[8] முதலிய கிளைகள் பிரிகின்றன.

அரை நூற்றுண்டிற்கு முன்னர் அணு மிகத் திண்மை யான, துளைத்துச்செல்ல முடியாத ஒரு துணுக்கு எனக் கருதப்பெற்றது; அதன் உள்ளமைப்பை ஒருவரும் அறியமுடி யாது என்று அறிஞர்கள் கருதினர். ஆனால், இன்று அதுவே ஒரு சிறிய அண்டம் என்று கண்டறிந்து விட்டனர். அதனை விட மிகச் சிறிதாக உள்ள உட்கருதான் இறுதியான பகுதி என்பது இன்னும் உறுதிப்படவில்லை. அது மிகச் சிக்கலான ஆற்றல் திரண்டிருக்கும் ஒரு புதிராகவே காணப்படுகின்றது. இன்னும் அது அறிவியலறிஞர்களின் அறிவுக்கு எட்டாத ஒரு பரம இரகசியமாகவே உள்ளது. சடமும் சக்தியும் எவ்வாறு ஒன்றனுள் ஒன்று மறைந்திருக்கின்றன என்பதும், ஒன்று பிறிதொன்றாக மாறும் விந்தையும் இன்னும் அவர் களுக்குப் புலப்படவில்லை. அணு பொருளா? ஆற்றலா? அலையா? சடமும் சக்தியும்தான் ஆதிப் பொருள்களா? உண்மை என்ன? அவற்றையெல்லாம் ஆராய்ந்து காண முடியுமா? என்பவற்றையெல்லாம் இன்னும் அறிவியலறி ஞர்கள் அறிந்து தெளிந்த பாடில்லை. இவற்றை யெல்லாம் நோக்க இப்புதிய துறை இன்னும் குழவிப் பருவ நிலையி லேயே இருக்கிறது என்பது புலனாகின்றது. அணுவைப்பற்றி அறிந்தவை யாவும் பூர்வாங்கமானவையே.

இன்று மனிதன் நிறுவியுள்ள அணு உலைகள் யாவும் இதுகாறும் கண்டறிந்துள்ள பூர்வாங்க அறிவினைக்கொண்டு அமைக்கப் பெற்றவையே என்பதை உணர்தல் இன்றியமை யாதது. அவை அறிவின் அடிப்படையில் அமைந்திருப்பது போல் அறியாமையின் அடிப்படையிலும் அமைந்துள்ளன என்றுதான் சொல்லவேண்டும். கடந்த ஐம்பது யாண்டு களாக ஆய்வகங்களில் இரகசியமாகச் செய்துவந்த ஆராய்ச்சிகளினால் அணுவையும் உட்கருவையும் துளைத்துக்

[6] தொல் பொருட்கலை – archaeology. [7] புவியியல்– geology. [8] அண்ட இயல் – cosmology.

கண்டறியப் பெற்ற கருத்துக்களையும் செய்திகளையும் கொண்டு அவ்வுலைகள் நிறுவப் பெற்றன. 1940-ஆம் யாண்டு வரையிலும் ஒருவர்கூட அணு உலையை அமைக்க முடியும் என்பதைக் கற்பனையிலும் நினைந்து பார்க்கவில்லை. 1940-ஆம் யாண்டில்தான் இப்புத்தறிவு ஓர் அமைப்பாக வடிவெடுத்தது.

பல நாடுகளின் பங்கு : இப்புத்தறிவின் கதையில் எல்லா நாடுகளும் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. 1895-ஆம் யாண்டில் ஜெர்மெனியில் இக்கதை தொடங்கியது. ராண்ட்ஜென்[9] என்பார் திடப்பொருளையும் ஊடுருவிச் செல்லக் கூடிய புதிர்க் கதிர்களைக் கண்டறிந்தார். அடுத்த யாண்டில் (1896) பிரெஞ்சு நாட்டைச் சார்ந்த பெக்கெரல்[10] என்பார் அத்தகைய கதிர்கள் யுரேனியத்திலிருந்தும் அதன் கனிப் பொருள்களிலிருந்தும் இயல்பாக எழுவதைக் கண்டார். 1898-ல் பியரி குயூரி-மேரி குயூரி[11] என்ற தம்பதிகள் ரேடியத்திலிருந்து ஆற்றல் வாய்ந்த மிகச் சிக்கலான கதிர் வீச்சு மூலத்தைக் கண்டனர். இவர்கள் இருவரும் பிரெஞ்சு நாட்டைச்சேர்ந்தவர்களே. அதன் பிறகு ரதர் போர்டு[12] என்பார் கதையின் பாத்திரமாகின்றார். அவர் 1902-ல் கனடா நாட்டில் அணுக்கள் தாமாகச் சிதைந்தழிதலால் கதிர் வீச்சு ஏற்படுகின்றது என்று விளக்கினார். பிறகு இங்கிலாந்தில் 1911-ல் அணுவில் உட்கரு என்ற ஒருபகுதி இருக்க வேண்டும் என்பதை நிரூபித்துக் காட்டினார்; 1919-ல் நைட்ரொஜென் கருவினை ஆல்பா - துணுக்குகளைக்கொண்டு தாக்கி ஒருதுணுக்கினைத் தகர்த்தெறிந்தார். ரதர்போர்டுஎன்பார் உட்கருவுள்ள அணுவினைப்பற்றிக் கொண்ட கருத்தை 1913-ல் ஒரு விரிவான சரியான கொள்கையாக வளர்த்து விட்டார் டென்மார்க் நாட்டைச் சேர்ந்த நீல்ஸ் போர்[13] என்ற அறிஞர். இந்நிலையில் ஜெர்மெனியிலிருந்த ஐன்ஸ்டைன்[14] என்பார் 1905-ல் தம்முடைய ஒப்புநோக்குக்

[9] ராண்ட்ஜென் - Roentgen. [10] பெக்கெரல்-Becquerel.
[11] பியரிகுயூரி-மேரிகுயூரி - Piere Curie—Marie Curie.
[12] ரதர்போர்டு - Rutherford. [13] நீல்ஸ்போர் - Neils Bohr.
[14] ஐன்ஸ்டைன் - Einstain.

கணிதக் கொள்கையை வெளியிட்டார். அதில் சடமும் ஆற்றலும் சமம் என்ற கொள்கையும் அடங்கி யிருந்தது. அதனால் ஒன்று பிறிதொன்றாக மாற்றப்படலாம் என்ற கருத்து அறிஞர்களிடையே தோன்ற ஏதுவாயிற்று. இக் கொள்கையை 1932-ல் காக் கிராப்ட்[15], வால்ட்டன்[18] என்ற இரு அறிஞர்கள் இங்கிலாந்து நாட்டில் சோதனைகளால் உறுதிப்படுத்தினர்.

1932-ல் அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளைச் சார்ந்த டாக்டர் இ. ஓ. லாரென்ஸ்[17] என்பார் சுழலினி[16] என்ற ஓர் அற்புதக் கருவியினைக் கண்டறிந்த பிறகு ஆராய்ச்சியின் தப்படி வேகம் அதிகரித்தது. இந்தக் கருவியில் அணு ரவைகளாகிய[19] நேர் இயல் மின்னிகள், இருநிகள்[20] போன்ற வற்றை வைத்து இயக்கினால் அவை ஒளியணுக்கள் கொண் டுள்ள வேகத்தைப் போன்ற பெருவேகத்தைப் பெற்று அணுவின் உட்கருவினைத் தாக்குகின்றன. அவை பேருவி போல்ஓடி கருவினைத் தாக்கினால்தான் கருவின் எதிர்ப்பினை அழித்துக்கொண்டு கருவினுள் புகுந்து அதனைச் சிதைக் கின்றன. பல்வேறு நாடுகளில் அமைக்கப்பெற்றுள்ள சுழலினிகளைக் கொண்டு அறியப்பட்ட அறிவுதான் இன்று நாம் உட்கருவினைப்பற்றி அறிந்திருப்பது. அணு உலைகள் அமைக்கப் பெறுவதற்குப் பல்லாண்டுகட்கு முன்னரே இவை நிறுவப்பெற்றன. இவை காட்டிய அனுபவத்தைக் கொண்டுதான் அணு உலை அமைக்கப் பெற்றது.

1932-ல் இங்கிலாந்தில் சாட்விக்[21] என்ற அறிஞர் பொது இயல் மின்னியைக் கண்டறிந்தார். ரேடியத்தைக் கண்டறிந்த பெருமாட்டியின் புதல்வி ஐரென் குயூரியும்[22] அவர் துணைவர் பிரெடெரிக் ஜோலியட்டும்[23] பிரெஞ்சு நாட்

[15] காக்கிராப்ட் – Cock croft. [16] வால்ட்டன் - Walton. [17] டாக்டர் இ. ஓ. லாரென்ஸ் - Dr. E. O. Lawrence. [18] சுழலினி - cyclotron. [19] அணு ரவை – atomic bullet. [20] இருநி – deutron. [21] சாட்விக் – Chadwick. [22] ஐரென் குயூரி - Irene Curie. [23] பிரெடெரிக் ஜோலியட் - Frederick Joliot.

டில் செயற்கை முறையில் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைக் கண்டுபிடித்தனர். 1934-ல் இத்தாலி நாட்டில் பெர்மி[24] என்பார் புதிதாகக் கண்டறியப்பெற்ற பொது இயல் மின்னிகளைக்கொண்டு அணுவின் உட்கருக்களைச் சிதைத்தார். இறுதியாக 1938-ல் ஜெர்மெனியில் ஹான்[25], ஸ்ட்ராஸ்மென்[26] என்ற இரண்டு அறிஞர்கள் பொது இயல் மின்னிகளைப் பயன்படுத்தி யுரேனியத்தைத் தாக்கி யுரேனிய அணு இரண்டு பெரிய பகுதிகளாக உடைவதுடன் ஏராளமான ஆற்றலையும் வெளியிடுகின்றது என்பதைக் கண்டறிந்தனர். ஒரு மாத காலத்திற்குள் 1939-ஆம் யாண்டில் முதல் நாட்களில் டென்மார்க்கிலும்[27] ஸ்வீடனிலும்[28] பிரிஷ்[29] லிசெ மெய்ட்னர்[30] என்ற இரண்டு அகதிகள் மேற்குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சியின் முக்கியத்துவத்தைஉணர்ந்து அதனை உட்கருப் பிளவு[31] என்று குறிப்பிட்டனர்- இந்நிலையில் இவ்வுலகம் அணு யுகத்தில் புகுவதற்குத் தயாராக இருந்தது; ஆனால், துர் அதிர்ஷ்டவசமாக உலகம் போரில் ஈடுபட நேரிட்டு விட்டது.

மேற் குறிப்பிட்ட கதையை நோக்குங்கால் அணு ஆராய்ச்சிக்கு முற்றுப்புள்ளி என்பது ஒன்று இல்லை என்பது தெரியவரும். அணுவியல் வளர்ந்துகொண்டே வரும் ஓர் அற்புதக் கலை. பல்வேறு நாட்டு அறிவியலறிஞர்களிடையே ஏற்பட்ட அறிவுத்தினவின் காரணமாக அணுவியல் வளர்ந்திருக்கின்றது. இதில் எல்லா நாட்டு மக்களும் பங்கு கொண்டிருக்கின்றனர். பல்வேறு நாடுகளில் அமைக்கப்பெற்றுள்ள ஆராய்ச்சி நிலையங்களிலுள்ள தேவையான வசதிகளைக்கொண்டு பல அறிஞர்கள் ஆராய்ந்ததனால் நாம் அணுவைப்பற்றி ஓரளவு தெரிந்து கொண்டிருக்கின்றோம். இராணுவத் தேவையே இத்துறையில் முதலில் உற்சாகத்தை[32]யும் ஆர்வத்தையும் ஊட்டியது; அஃதுடன்

---

[24] பெர்மி - Fermi. [25] ஹான் - Hahn. [26] ஸ்ட்ராஸ்மென் - Strassmann. [27] டென்மார்க்-Denmark. [28] ஸ்வீடன்-Sweden. [29] பிரிஷ்-Frisch. [30] லிசெமெய்ட்னர் - Lise Meitner. [31] உட்கருப் பிளவு - nuclear fission. [32] உற்சாகம் - incentive.

அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளின் பொறியியல் நுணுக்கம், நிர்வாகத்திறன், தொழில் துறை ஆற்றல் ஆகியவைகளும் கோடிக்கணக்கான டாலர்களை இதுகாறும் யாரும் செய்து பார்க்காத துறையில் செலவழிக்கும் தைரியமும் சேர்ந்து ஆராய்ச்சிக்கு வேண்டிய செளகர்யங்களை அளித்தன. இவை மூன்றும் சேர்ந்து சாதாரணமாக ஐம்பது யாண்டு களில் நிறைவேறக் கூடியவற்றை ஐந்தாண்டுகளில் முடிவுறச் செய்தன. 1945-ஆம் யாண்டில் உட்கருவியலும்[33] அணு உலைப் பொறியியலும்[34] திகைப்புற்றிருந்த உலகின் மேல் முழுவளர்ச்சியுடன் வெளிப்பட்டன. அவற்றின் அளப் பறிய பயனை அணுகுண்டு வீச்சுக்களால் இவ்வுலகம் அறிந்தது. 1955-ஆம் யாண்டில் ஐ. நா. சபையின் ஆதரவில் அமைதியில் அணுவின் பயனை ஆராயும் மாநாடு ஒன்று ஸ்விட்ஸர்லாந்து நாட்டிலுள்ள ஜெனீவாவில் கூட்டப்பெற்ற நாள் வரையிலும் பத்து ஆண்டுகளில் கண்டறிந்த செய் திறன்கள் யாவும் மறைப் பொருள்களாகவே வைக்கப்பெற் றிருந்தன. இவ்வாறிருந்தமைக்குக் காரணம் 'அச்சம்' என்ற போர்வையால் இவ்வுலகம் சூழப்பெற்றிருந்தமையே என்றுதான் சொல்ல வேண்டும். மாநாட்டிற்குப் பிறகு இவ்வுலக நாடுகள் புதிய உற்சாகத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன. உட்கருவியல் துறை மானிடவர்க்கத்திற்கே ஒரு கருவூலம் போலிருப்பதை எல்லா நாடுகளும் உணர்ந்துவிட்டன. ஐம்பதுக்கு மேலான நாடுகளிலிருந்து வரும் அறிவியல் அறிஞர்கள் கூடி ஆராய்ந்து தொழில் நுணுக்கத் தகவல் களைத் தத்தமக்குள்ளே பரிமாறிக் கொள்ளுகின்றனர். 'யான் பெற்ற இன்பம் பெறுக இவ்வையகம்' என்ற உயர்ந்த குறிக் கோளுடன் பல நாடுகள் உறவு கொண்டிருப்பது ஓரளவு நமக்கு ஆறுதல் அளிக்கின்றது.

எதிர்காலத்தில் அணுவாற்றலால் உலகம் உய்யக் கூடும் என்ற நம்பிக்கை பிறந்திருக்கின்றது. எல்லா நாடு களும் அணுவைப்பற்றித் தாங்கள் அறிந்த உண்மைகளையும்

---

[33] உட்கருவியல் - nuclear science, [34] அணுஉலைப் பொறியியல் - reactor engineering.

அணுவாற்றல் மூலங்களையும் ஒன்று சேர்த்து அவற்றின் பயனாக உலகை உய்விக்கவேண்டும் என்ற எண்ண ஒற்றுமைக்கு வந்துள்ளன. இத்தகைய ஒரு திட்டத்தைப்பற்றி அமெரிக்க நாட்டு மக்கள் தலைவர் ஐஸனேவர்[35] ஐக்கிய நாட்டுப் பேரவையில் 1953-ஆம் யாண்டு டிசம்பர் 8-ஆம் நாள் நிகழ்த்திய வரவாற்றுப் புகழ்பெற்ற சொற்பொழிவில் குறிப்பிட்டார். அவர் கூறிய திட்டத்தை ஒரு தீர்மானமாக முறைப்படி ஆஸ்திரேலியா, பெல்ஜியம், கனடா, பிரான்ஸ், தென் ஆபிரிக்கா, இங்கிலாந்து, அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள் ஆகிய ஏழு நாடுகள் கையெழுத்திட்டு அனுப்பி வைத்தன. இத் தீர்மானத்தை ஐ. நா. சபையின் அரசியல் - பாதுகாப்புக் கழகம் 1954-ஆம் யாண்டு நவம்பர் 23-ஆம் நாள் ஒருமனதாக சிபாரிசு செய்து பேரவைக்கு அனுப்பியது. 1954-ஆம் யாண்டு டிசம்பர் 4-ஆம் நாள் ஐக்கிய நாட்டு ஸ்தாபனத்தின் பேரவை[36] இத்தீர்மானத்தை ஒருமனத்துடன் ஒப்புக்கொண்டது. அதன் பயனாகத்தான் 1955 ஆகஸ்டில் 'அணுவின் ஆக்க மாநாடு' ஒன்று கூட்டப்பெற்றது. எண்பத்து நான்கு நாடுகள் ஒன்றுகூடி அணுவாற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலை விளைவிக்கும் வழிவகைகளையும் அணுவாற்றலை உழவுத்தொழில், உயிரியல், மருத்துவ இயல் ஆகிய துறைகளில் கையாளும் முறைகளையும் ஆராய்ந்தன. ஒவ்வொரு நாட்டுப் பிரதிநிதிகளும் தம்முடைய அணுவாற்றல் மூலங்களைத் தெரிவித்தனர்; எதிர்காலத்தில் நடைபெறும் அணுவாராய்ச்சியில் தம்முடைய பங்கும் திறனும் எவ்வளவு இருக்கும் என்பதையும் உணர்த்தினர். அன்றியும், அதுகாறும் தாம் கண்டறிந்த—ஆனால் மறை பொருளாக வைத்திருந்த—உண்மைகளையும் தெரிவித்தனர்.

இத் திட்டத்தை நிறைவேற்றுவதற்கு ஐக்கிய நாடுகளின் சபையின் ஆதரவில் ஒரு கழகம் நிறுவப்பெறுதல் வேண்டும். இதிலிருந்து அணுவியல்பற்றிய எல்லாத் தகவல்களும் பல நாடுகளுக்கும் வழங்கப்பெறும். அணு

[35] ஐஸனேவர் - Eisenhower. [36] பேரவை - General Assembly.

வாராய்ச்சியில் அதிக முன்னேற்றம் பெற்ற அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள், இங்கிலாந்து, இரஷ்யா போன்ற நாடுகள் சர்வதேச அணு பாங்கிக்கு[37] அதிகமான பங்குகளை வழங்குவர். அணுவைப்பற்றி அதிகம் தெரியாதனவும் அணுவாற்றல் மூலங்கள் குறைவாகவும் உள்ள நாடுகள் இந்த பாங்கியிலிருந்து உதவிகள் பெறும். அணுவாற்றல் பொருள்களை வழங்குவதில் இந்தப் பாங்கி மிகவும் கண்டிப்பாக இருக்கும்; இங்கு உதவிபெற்ற எந்த நாடுகளும் அப் பொருள்களைக்கொண்டு அணு வாயுதங்களை உற்பத்தி செய்யாதவாறு கண்காணிக்கும். ஆராய்ச்சிக்கும் வேறு பல நன்மைகளை விளைவிக்கும் துறைகளில் பயன்படுத்துவதற்கு மட்டிலுமே இப் பாங்கியிலிருந்து பொருள்கள் வழங்கப் பெறும்.

இந்தப் பாங்கி திறம்பட இயங்குவதற்கு அமெரிக்காவும் இங்கிலாந்தும் தனித்தனியாக முறையே 220 இராத்தல், 44 இராத்தல் பக்குவிடும் பொருள்களை வழங்கியிருக்கின்றன. அமெரிக்கா 220 இராத்தல் வழங்கியது சாதாரண விஷயமல்ல. அப்பொருளைப் பணமாக்கினால் கிட்டத்தட்ட இருபது இலட்சம் டாலர் ஆகும்; ஆற்றலாக்கினால் இரண்டரை இலட்சங் கோடி கிலோவாட் ஆகும். அன்றியும், அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள் எல்லா நாடுகளுக்கும் ஆராய்ச்சி அணு உலைகளைப் பாதி விலைக்கு வழங்குவதாகவும் அவ்வுலைகளுக்குத் தேவையான எரியைகளை இனமாக வழங்குவதாகவும் ஒப்புக்கொண்டுள்ளன. இதைத் தவிர அமெரிக்காவில் ஆர்கான் தேசிய ஆய்வகத்தில்[38] எல்லா நாடுகளின் சார்பில் ஒரு பயிற்சிப் பள்ளி தொடங்கப் பெற்றுள்ளது. அங்கு அணு உலைகளின் வளர்ச்சிபற்றியும் அவற்றை இயக்கும் முறைகள்பற்றியும் பயிற்றுவிக்கும் ஏழு மாதப் படிப்பு தொடங்கப் பெற்றிருக்கின்றது. டென்னஸ்ஸி[39] மாகாணத்தில் ஓக் ரிட்ஜ்[40] என்னுமிடத்தில்

---

[37] சர்வதேச அணுபாங்கி - international atomic bank.
[38] ஆர்கான் தேசிய ஆய்வகம் - Argonne National Laboratory. [39] டென்னஸ்ஸி - Tennessee. [40] ஓக் ரிட்ஜ் - Oak Ridge.

பிறநாட்டு அணுவாற்றல் நிபுணர்களுக்காக கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை உற்பத்தி செய்யவும் அவற்றைக் கையாளவுமான நுட்பங்களைப் பயிற்றுவிக்கும் படிப்பு ஒன்று தொடங்கத் திட்டமிடப் பெற்றிருக்கின்றது. இதுகாறும் மறை பொருளாக வைத்திருந்த அணுவாற்றல்பற்றிய நுட்பமான தகவல்களையெல்லாம் அமெரிக்கா வெளியிட்டு வருகின்றது. அணுவின் ஆக்கத்திட்டம் சரியாகவும் வெற்றிகரமாகவும் நடைபெற வேண்டுமானால் எத்தனையோ செயல்களை ஒழுங்கு படுத்தியாகவேண்டும். திட்டம் நல்ல முறையில் தொடங்கப் பெற்றிருப்பதால் அது வெற்றிக்குக் கொண்டு செல்லப்படும் என்பதற்கு எள்ளளவும் ஐயமில்லை. நம்பிக்கையுடன் செயலாற்றினால் அனைத்தும் சீர்பெற நடைபெறும்.

ஐக்கிய நாட்டு ஸ்தாபனத்தின்கீழ் நிறுவப் பெற்றுள்ள பிரத்தியேகமான கழகங்கள் அதிக அக்கறையுடன் தாம் மேற்கொண்டிருக்கும் பொறுப்புக்களில் செயலாற்றத் தொடங்கியிருக்கின்றன. அவற்றுள் சிறப்பாக மூன்றினைக் குறிப்பிடலாம். முதலாவது: உலக சுகாதாரக் கழகம்[41] இதன் முக்கிய பொறுப்பு உலக மக்களிடையே பரவி வரும் நோயைப் போக்கிச் சிறந்த சுகாதாரத்தை நிலவச்செய்வது. இரண்டாவது: உணவு-உழவுக் கழகம்.[42] இதன் பெரும் பொறுப்பு மக்களிடையேயுள்ள பட்டினிப் பேயையும் சத்துணவின்மையையும் அகற்றி உழவுத்தொழில், மீன் பண்ணை, காடுகள் வளர்ச்சி ஆகியவற்றைச் சிறப்படையச் செய்வது. மூன்றாவது: ஐக்கிய நாடுகளின் கல்வி-அறிவியல்-பண்பாட்டுக் கழகம்.[43] அறியாமையை அகற்றி கல்வியை மக்களிடையே பரவச் செய்வதும் பல துறைகளி

[41] உலக சுகாதாரக் கழகம் - World Health Organization (W. H. O.) [42] உணவு-உழவுக் கழகம் - Food and Agricultural Organization (F. A. O.) [43] ஐக்கிய நாடுகளின் கல்வி-அறிவியல் - பண்பாட்டுக் கழகம் - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (U.N.E.S.C.O.)

லும் அறிஞர்களிடையே ஆராய்ச்சியை வளர்ப்பதுவும் இதன் பொறுப்பாகும்.

உலக சுகாதாரக் கழகம்: அணுவாற்றலிலிருந்து பெறும் மின்னாற்றலைப் பயன்படுத்துவதில் இக்கழகம் நேரடித் தொடர்பு கொள்ளாவிடினும், கதிர் வீச்சுக்களையும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களையும் பயன்படுத்துவதில் நேரடித் தொடர்பு கொண்டுள்ளது; அதுவும் தனிப்பட்ட முறையில் சில நாடுகள் அவற்றைக் கையாள இயலாத நிலையில் அதிக அக்கறை எடுத்து அந்நாடுகளுக்குத் துணையாக இருக் கின்றது. இன்று இக்கழகம் அணுவாற்றல் வளர்ச்சியில் இரண்டு திட்டங்களில் பங்கு கொண்டுள்ளது.

முதலாவது, மக்கள் சுகாதாரத்தைக் காப்பது. அணு உலைகளிலிருந்து வெளியாகும் கழிவுப் பொருள்களால் பலவித தீங்குகள் நேரிடுகின்றன. திரவக் கழிவுகள் நீரைப் பாதிக்கின்றன; ஆவியாகச் செல்லும் கழிவுகள் காற்றை நஞ்சாக்குகின்றன; திடக் கழிவுகள் நிலத்தையும் கடலையும் கெடுத்து விடுகின்றன. இத்துடன் கதிரியக்கப் பொருள் களுக்குச் சரியான அளவுகளை நிர்ணயித்தலும், ஆபத்துக் களை விளைவிக்கும் கதிர்வீச்சுக்களின் திருத்தமாக அளவு களை நிர்ணயிப்பதும் இக்கழகத்தின் பொறுப்புக்களாக வுள்ளன. இந்த அம்சங்களில் கழகம் சிறந்த ஆலோசனை நல்குவதுடன் இந்த அம்சங்கள்பற்றிய அறிவியல் தகவல் களைத் திரட்டி அவற்றைப் பரப்பியும் வருகின்றது.

இரண்டாவது, கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை மருத்துவம், நோய்களைப் பரிசீலனை செய்தல், மருத்துவ ஆராய்ச்சி ஆகிய துறைகளில் பயன்படுத்துவது. இம் முறையில் தகவல்களைப் பரிமாறிக் கொள்வதற்குச் சுகாதாரக் கழகம் சிறந்த சாதனமாக அமைந்துள்ளது. அன்றியும், பண வுதவியுடன்கூடிய ஆராய்ச்சிப் படிப்பு வசதிகளாலும், ஆலோசனை கூறுவதாலும், ஆராய்ச்சிச் சுற்றுலாக்களாலும் தொழில் நுட்ப வல்லுநர்களுக்குப் பயிற்சி அளித்தும், உயர்ந்த பயிற்சிப் படிப்புக்களை நல்கியும் சேவை செய்து வருகின்றது.

உணவு - உழவுக் கழகம்: உணவுத் துறையிலும் உழவுத் துறையிலும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் எவ்வாறு பயன்படுகின்றன என்பதைப்பற்றி ஒரு சில தகவல்களை முன்னர்க் கண்டோம். ஐ. நா. சபை கதிர்வீச்சுக்களின் பயன்களையும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் பயன்களையும் மூன்று பிரிவுகளாகப்பிரித்துள்ளது. முதலாவது, உழவுத் தொழில் முறையும் உணவுப் பாதுகாப்பும். இதில் சூடாக்காமல் உணவை ஸ்டெரிலைஸ் செய்து பாதுகாக்கக் கதிர்கள் பயன்பெறுகின்றன. இறைச்சியும் மீனும் இங்ஙனம் பாதுகாக்கப்பெறுகின்றன. களஞ்சியத்திலுள்ள தானியங்கள் சிறு வண்டுகளாலும் பிறவகைப் பூச்சிகளாலும் கேடுருவண்ணம் இம் முறையில் காக்கப்பெறுகின்றன. இரண்டாவது, தாவர, பிராணிகளின் பெருக்கம். கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் கதிர்களைப் பயன்படுத்திக் குடிவழிப் பண்புகளையே மாற்றிப் புதிய, உயர்ந்த ரகத் தாவரங்களையும் பிராணிகளையும் படைக்கின்றனர். உயர்ந்த ரகத் தானிய வகைகளும், பட்டாணி வகைகளும் ஏற்கனவே உண்டாக்கப்பெற்றுள்ளன. மழை பெய்வதற்கேற்றவாறும் நிலவூட்டத்திற்கேற்றவாறும் அனுசரித்துக் கொள்ளக் கூடிய நவீன தானிய வகைகளும் உண்டாக்கப்பெற்றுள்ளன. மூன்ருவது, வழி-துலக்கி ஆராய்ச்சி: இது பயிர் வளர்ச்சி, பிராணிகள் பாதுகாப்பு, மீன் பண்ணை ஊட்ட ஆராய்ச்சி ஆகிய துறைகளில் வெற்றிகரமாகக் கையாளப் பெறுகின்றது.

அணுவாற்றலிலிருந்து மின்னுற்றல் அதிகமாக உற்பத்தி செய்யப் பெறுவதற்கேற்ப, உழவுத் தொழில் அபிவிருத்தி அடையும்; சிற்றூர்களும் நவீன வசதிகளனைத்தினையும் பெறும். அவ்வாற்றல் பொருள்களின் விலையைக் குறைக்கும்; வேலைசெய்து உழைப்பவர்களுக்கு உதவியாகவும் இருக்கும்; சிற்றூர் மக்களின் வாழ்க்கைத் தரத்தைப் பெரிதும் உயர்த்தும். அணுவாற்றல் பொறிகளைக் கொண்ட கலங்களைக் கொண்டு மீன் வேட்டை, திமிங்கல வேட்டைக்குச் செல்லலாம்; இதனுல் பலனும் அதிகமாகக் கிடைக்கும்; செலவும் குறையும். குறைந்த விலைக்கு அதிக மின்னுற்றல் கிடைப்பதால் காடுகளில் அங்கு கிடைக்கும் விளைபொருள்

கள்பற்றிய கைத்தொழில்கள் வளர்வதற்கு இடம் உண்டு. அன்றியும், அங்கு காகிதக்கூழ்[44] செய்யும் தொழிலும் காகிதத் தொழிலும் வளரக் கூடும். அணுவாற்றலின் துணை கொண்டு கடல் நீரை உப்பின்றி பிரிக்கக்கூடுமானால், வறண்ட நிலங்கள் வளமிக்க நிலங்களாகவும், பாலைவனங்கள் சோலைவனங்களாகவும் மாற்ற வசதிகள் பிறக்கும்.

இவற்றைத் தவிர உணவு - உழவுக் கழகம் அணு உலைகள் வளர்ச்சியையும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களின் அதிக உபயோகத்தையும் ஒட்டி நீர்நிலைகள், விளைபுலங்கள், காற்று மண்டலம் முதலியவை கதிரியக்கப் பொருள்களாலும் கதிரியக்கக் கழிவுப் பொருள்களாலும் கெடா வண்ணம் பாதுகாக்கும் பொறுப்பையும் மேற்கொண்டிருக்கின்றது.

எல்லா நாடுகளிடமும் ஒற்றுமையை வளர்த்து, தொழிற்றுறை வளர்ச்சி, தொழில் நுணுக்கத் துறை வளர்ச்சி ஆகியவற்றில் எழும் பல்வேறு பிரச்சினைகளிலும் தீர்வு காணும் பொறுப்பும் இக்கழகத்திற்கு உண்டு. எனவே, பல நாடுகளும் சேர்ந்து கூட்டாகச் செய்யும் ஆராய்ச்சித்துறைகளிலும் ஆலோசனை கூறுவதிலும் பணியாற்றி வருகிறது. அன்றியும், இக்கழகம் ஆராய்ச்சித் துறைகளில் கிடைக்கும் தகவல்களையும் அணுவாற்றல், கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள், கதிர் வீச்சுகள் ஆகியவற்றின் உபயோகம்பற்றிய செய்திகள், உணவூட்டத்துறை ஆராய்ச்சியில் கண்ட முடிவுகள் ஆகியவற்றைப் பல இடங்களுக்கும் பரப்பும் பொறுப்பையும் மேற்கொண்டிருக்கின்றது. இப்பொறுப்பில் கதிர்வீச்சால் ஏற்படும் கேடுகள்பற்றிய முக்கிய அம்சங்கள், உத்தேசமாக நேரிடும் ஆபாசங்கள் முதலியவையும் அடங்கும்.

நீரிலும் நிலத்திலும் உள்ள மூலங்களைக் கொண்டு மேற்கொள்ளப்பெறும் அணுவாற்றல் தொழில்பற்றியும் இக்கழகம் அக்கறை கொண்டிருக்கின்றது. அது பல்வேறு அரசுகளுக்கு ஆலோசனை கூறவும் பிற வழிகளில் உதவவும்,

---

[44] காகிதக் கூழ் - pulp.

நீரிலும் நிலத்திலுமுள்ள மூலங்களை எவ்வாறு காப்பது என்று யோசனை கூறவும் காத்திருக்கின்றது. இறுதியாக அணுவாற்றலால் கிடைக்கும் மின்னுற்றலை உழவுத் தொழிலில் எவ்வாறு மேற்கொள்ளுவது என்ற ஆராய்ச்சியிலும் அதில் எழும் பிரச்சினைகளில் தீர்வுகாணுவதிலும் ஈடுபட்டிருக்கின்றது.

ஐக்கிய நாட்டுக் கல்வி - அறிவியல் - பண்பாட்டுக் கழகம் : அணுயுகம் இக்கழகத்தை நோக்கி விடுக்கும் அறைகூவல் ஏனைய இரண்டு கழகங்களையும் நோக்கி விடுக்கும் அறைகூவலை விட ஆழ்ந்தும் அகன்றும் இருக்கின்றது. அறைகூவல் ஆழமாக இருப்பதற்குக் காரணம், இந்த யுகத்தின் ஒவ்வொரு பிரச்சினையிலும் அறிவியல் அடிப்படையாகவுள்ளது; அஃது அகன்று விளங்குவதற்குக் காரணம், கல்வி அறிவியல் பண்பாடுபற்றிய மாற்றங்கள் மிக விரைவில் அணு உலகைத் தொடர்ந்து எழுகின்றன. பௌதிக அறிவியல் துறைகள், சமூக அறிவியல் துறைகள், பண்பாட்டுக் கலைகள் ஆகிய மூவகைப் பிரிவிலும் இயங்கும் மானிடச் செயல்கள் யாவற்றிலும் இரண்டுவித அம்சங்கள் பொருந்தியுள்ளன. ஒன்று, ஆராய்ச்சியின் அடிப்படையில் அமைந்தது; மற்றொன்று, கல்வியின் அடிப்படையில் அமைந்தது. எனவே, இந்த யுகத்தின் அறை கூவல் ஆறுவிதமாக எழுகின்றன.

அவசரமாகவுள்ள பிரச்சினைகளை, அஃதாவது அறிவியல் பற்றியவற்றை, முதலில் ஏற்பது இயற்கை. எனவே, ஐ. நா. சபையின் பேரவை இவற்றை முதலாவதாகக் கவனித்தது. அணுவாற்றலிலிருந்து எழும் மின்னுற்றலைப்பற்றிய அறிவியல், கலையியல்பற்றிய அம்சங்களில் திட்டப்படுத்தி வரையறை செய்துகொண்டு செயலாற்றத் தொடங்கியது. 1954-ஆம் யாண்டில் கூடிய இக்கழகத்தின் மாநாட்டில் இம்முடிவு தீர்மானிக்கப்பெற்றது. இக்கழகத்தின் தலைமை-இயக்குநர்[45] ஐக்கிய நாடுகளுடன் முழு ஒத்துழைப்பை அளிப்பது, வாழ்வைப் பாதிக்கும் கதிரியக்க விளைவுகள்

[45] தலைமை - இயக்குநர் - Director-General.

பற்றி எழும் பிரச்சினைகள் ஆக்கத்திற்கு அணுவாற்றலைப் பயன்படுத்தும் எல்லா அம்சங்களையும் பற்றிய தகவல்களைப் பரப்புதல், தேவையானால் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களை ஆராய்ந்து அவற்றை ஆராய்ச்சித் துறையிலும் தொழில் துறையிலும் எல்லா நாடுகளுக்குகந்த முறையில் எங்ஙனம் கையாளுவது என்பதைத் தீர்மானித்தல் ஆகியவை போன்ற மிக அவசரமான செயல்களில் பிரத்தியேகமான பங்குகொள்ள வேண்டும் என்றும் அனுமதி தரப் பெற்றிருக்கின்றார்.

1955-ஜூன் மீ 12 நாடுகளிலுள்ள நிபுணர்களின் குழுவைக் கூட்டியது இக்கழகத்தின் முதல் நடவடிக்கையாகும். கதிரியக்க ஓரிடத்தான்களைத் தயாரித்தல், வினியோகம் செய்தல், பிற இடங்களுக்கு அனுப்புதல், பயன்படுத்தல் ஆகியவைபற்றிய முறைகளையும் விதிகளையும் ஆராய்வதற்காகவே இக்குழு கூட்டப்பெற்றது. இத்துறைகளில் தக்க பாதுகாப்பு விதிகளை மேற்கொள்ளாவிடில் பல்வேறு விபத்துக்கள் நேரிடும் என்பதைக் குழு நன்கு உணர்ந்திருக்கின்றது.

ஜெனிவாவில் நடைபெற்ற அணுவின் ஆக்க மாநாட்டின் நிறைவுக் கூட்டத்தில், ஐக்கிய நாட்டுக்-கல்வி-அறிவியல்-பண்பாட்டுக் கழகம் இரண்டு சிபாரிசுகளைச் சமர்ப்பித்தது. ஒன்று, ஆராய்ச்சிக்காகவுள்ள அன்றைய நிலையிலுள்ள அணு உலைகளைப்பற்றிய அறிக்கையாகும். அதில் ஆராய்ச்சிக்குதவும் நிலை-மின்சார ஆக்கப் பொறிகள்[46] சுழலினிகள் போன்ற பிற ஆராய்ச்சிக் கருவித் தொகுதிகளுடன் ஒப்பிட்டாலும் அணு உலைகள் எவ்வாறு பயன்படும் என்று அதில் குறிப்பிடப்பெற்றிருந்தது. மற்றொன்று, அணுவின் ஆக்கம் பற்றிய திட்டத்தில் பங்கு பெறும் ஆராய்ச்சி நிபுணர்களுக்கு எவ்வாறு பயிற்சி தருவது என்பதுபற்றிய ஆராய்ச்சியாகும். பல்கலைக் கழகங்களும் தொழிற் கல்லூரிகளும்[47] புதிதாகவுள்ள தேவையை நிறைவேற்ற கதிரியக்கம்பற்றியும்

[46] நிலை-மின்சார ஆக்கப் பொறிகள் - electro - static generators. [47] தொழிற் கல்லூரிகள் - technical colleges.

எதிர் மின்னியல்[48] பற்றியுமான கொள்கை, செயல் முறைப் பயிற்சித் திட்டங்களை மேற்கொள்ள வேண்டுமென்று சிபாரிசு செய்கிறது. ஆனால், அணு உலைகளை இயக்குவது போன்ற அந்த உயர்ந்த பிரத்தியேகமான பயிற்சி புதிய பயிற்சிப் பள்ளிகளை நிறுவி அவற்றில் அளிக்கப்பெறல் வேண்டும் என்றும் கூறுகின்றது.

இந்த இரண்டு ஆராய்ச்சிகளும் உலகெங்குமுள்ள நாடுகளைப்பற்றியது; ஆராய்ச்சியின் வளர்ச்சியையும் பற்றியது. இவை இரண்டும் இயற்கை அறிவியல்[49] துறைகளில் ஆராய்ச்சி முறையில் செயற்படவேண்டும் என்பது இக் கழகத்தின் நோக்கமாகும். இதற்குச் சற்று முன்னதாக 1955-ஜூன் 10-ல் இக்கழகத்தின் ஆதரவில், ஐரோப்பிய அணுவியல் ஆராய்ச்சி நிலைய ஆலோசனை சபை[50]யொன்று அணுவியல் துறைகளில் ஆராய்ச்சியைத் தூண்டுவதற்காக நிறுவப்பெற்றது. இந்த ஆலோசனைச் சபை பெல்ஜியம், டென்மார்க், பிரான்ஸ், ஜெர்மனி, கிரீஸ், இத்தாலி. நெதர்லாந்து, நார்வே, ஸ்வீடன், ஸ்விட்ஸர்லாந்து, இங்கிலாந்து, யூகோசுலேவியா ஆகிய 12 நாடுகளின் அறிவியல் பிரதிநிதிகளைக் கொண்டது. இந்நாடுகள் தம்முடைய ஆற்றல் மூலங்களையெல்லாம் ஒன்று திரட்டி ஒரு நிலையத்தில் அமைத்து மிகஆற்றல்வாய்ந்த அணுத்துணுக்குகள், அணுக்கரு அமைப்பு, அண்டக் கதிர்களின் இயல்பு ஆகியவைபற்றி ஆராயும் விலை மிக்க நவீன கருவித் தொகுதிகளைத் தம்முடைய ஆராய்ச்சிப் பேராசிரியர்கட்கும், ஆராய்ச்சி மாணக்கர்களுக்கும் கூட்டாகக் கிடைக்கச் செய்வதற்கு வேண்டிய வசதிகளைச் செய்தன. இந்த ஆராய்ச்சிகளுக்கும் ஆற்றல் தரும் அணு உலைகளுக்குமோ, அன்றி அணுவாற்றலை உபயோகப்படுத்தும் முறைகளுக்குமோ யாதொரு தொடர்பும் இல்லை. ஆனால், அவை அறிவின் எல்லைகளை எட்டிப் பிடிப்பதற்காக மேற்கொள்ளப்பெற்றவை. அவை நிச்சய

---

[48] எதிர்மின்னியல் - electronics. [49] இயற்கை அறிவியல்- natural science. [50] ஐரோப்பிய அணுவியல் ஆராய்ச்சி நிலைய ஆலோசனை சபை - European Council for Nuclea. Research.

மாக சடம், ஆற்றல் என்பவைபற்றிய அடிப்படைக் கண்டு பிடிப்புக்களுக்குக் கொண்டுசெலுத்தும் என்பதற்கு ஐய மில்லை. இவை இன்னும் பத்து அல்லது இருபது யாண்டு களில் எதிர்பாராத பலன்களை விளைவித்தல் கூடும். இப்படித் தானே 1920-லும் 1930-லும் மேற்கொள்ளப்பெற்ற ஐரோப்பிய ஆராய்ச்சிகள் அணு உலகளைப் பிறப்பிப்பதற் குக் காரணமாக இருந்தன.

அணுவாற்றல்பற்றிய அக்கறையும் உத்தேசமாக அது பொருளாதார உலகில் செய்யக்கூடிய நன்மைகளும், அறி வியல் ஆராய்ச்சிக்கும் பல்கலைக்கழகப் படிப்புக்கும் அப்பாற் பட்ட தேவைகளையும் உண்டாக்குகின்றன என்பதையும் நாம் அறிதல் வேண்டும். அவற்றுள் ஒன்று கீழ் நிலைப் பள்ளிகளில் அறிவியல் படிப்புக்கும் உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் தொழில்துறைப் பயிற்சிக்கும் தூண்டுதலை விளைவித்தல் ஆகும். தொழில்வளம் மிக்க நாடுகளி லும்கூட திறமைமிக்க அறிவியல் ஆசிரியர்கட்குப் பஞ்சம் ஏற்பட்டிருக்கின்றது. திடீரெனத் தோன்றிய அணுயுகத்தின் விளைவாக, பிழைப்புக்கான தொழிற் பயிற்சிக்கும் உயர் நிலைப்பள்ளியில் அறிவியல் பயிற்றுதலுக்கும், ஆசிரியர்கட் குப் பயிற்சி தருவதற்கும் அவசியமான தேவை உண்டாகும். பள்ளிகளில் அறிவியல் பயிற்றுதலில் முன்னேற்றம் காணச் செய்தல் வேண்டும் என்பது ஐக்கிய நாட்டுக் கல்வி – அறி வியல் - பண்பாட்டுக் கழகத்தின் திட்டத்தில் ஒரு பகுதி யாகும். இக்கழகம் முதலாவதாக மிகவும் பிற்போக்காக வுள்ள நாடுகளில் இப்பணியை முதலில் தொடங்கும். அவை தான் அணுவாற்றலின் பயனை முதலில் அடைய வேண்டும். அங்குள்ள பள்ளிகளில்தான் நவீன அறிவியல்பற்றிய பாடத்திட்டங்கள் இன்னும் மேற்கொள்ளப் பெறவில்லை. இக்கழகம் இங்கு மேற்கொள்ளும் சேவைகளில் ஒன்று அணு வாற்றல், கதிரியக்கம், கதிரியக்கப் பொருள்கள் ஆகியவை பற்றிய அடிப்படைக் கருத்துக்களைக் கட்புல – செவிப்புலக் கல்வியாலும் பிற துணைக்கருவிகளாலும் அறிவியல் பயிற்று தலில் நுழைப்பதற்கு வழி வகைகளை வகுத்து வருகின்றது.

பல நாடுகளில் அணுவாற்றலிலிருந்து தோன்றும் மின் ஞற்றல் தன்னேடு கூடியுள்ள விளைவுகளுடன் மிக விரைவாகத் தோன்றும். பள்ளிச்சிறுர்களாக இருப்பவர்கள் வாழ்க்கையில் புகுவதற்குமுன்னர், அவ்வளவு குறுகிய காலத்தில் அங்கு அவ்வாற்றல் வளர்ச்சிபெற இடம் உண்டு. பொது நலன்களுக்குச் செலவிடப்பெறும் ஏராளமான தொகைகளுக்குப் பொது மக்களின் உதவியும் தேவைப்படும். மருத்துவம், உழவுத்தொழில், தொழில்துறை ஆகியவற்றில் அணுவாற்றல் ஆராய்ச்சியில் கண்ட உண்மைகளைப் பயன் படுத்துவதிலும் பொது மக்கள் அக்கறையுடன் பல செய்திகளைப் புரிந்து கொள்ளவேண்டும். எல்லாவற்றையும்விட, இப் பயங்கர ஆற்றலின் புரட்சியில் தோன்றும் பொருளாதார சமூக விளைவுகளினுல் அரசாங்கம் முன் யோசனையுடன் இயங்கவேண்டும்; உள்நாட்டுப் பண்பாடுகளில் பரந்த நிலையில் அறிவியலை இணைத்துக் கொள்ளவேண்டும். பலவந்தமாகத் திணிக்கப்பெறும் அணுவாற்றலின் பொருளாதாரத் திட்டம் அறிவியல் அடிப்படையில் அமையாத பண்பாட்டிற்குச் சிறிதும் பொருந்தாது; அது பெருங் கேட்டையும் விளைவிக்கச் செய்யும்.

ஆகவே, பல்வேறு நாடுகளிலுமுள்ள வயது வந்த பொது மக்களுக்கு அறிவியல் முறையில் சிந்தனையை வளர்க்கும் அடிப்படைக் கருத்துக்களை உணர்த்துதல் வேண்டும்; அதற்கேற்ற கல்வித் திட்டத்தையும் வகுக்க வேண்டும். ஐக்கிய நாட்டுக் கல்வி - அறிவியல் - பண்பாட்டுக் கழகம் பொதுமக்கள் கல்வியில் பலவிதமாக அக்கறையைக்காட்டி வருகின்றது. ஊர் ஊராகக்கொண்டு செல்லக்கூடிய காட்சிப் பொருள்களாலும், பள்ளிக்கு வெளியே நடைபெறும் அறிவியல் செயல்களாலும், செய்தித்தாள்களின் வாயிலாக கட்டுரைகள், ஆராய்ச்சி வெளியீடுகள் ஆகியவற்றின் மூலமும், வானெலி வாயிலாகவும், படக் காட்சிகளின் மூலமும் இந்த அறிவினைப் பரப்பி வருகின்றது. இவையாவும் ஒரு முறையில் மக்களுக்குக் கல்வி புகட்டும் சாதனங்களேயாகும். சில பருவ வெளியீடுகளும் இத்துறையில் பெருஞ் சேவை புரிகின்றன.

ஆனால், இன்றைய அணுயுகத்தில் அறிவியல் அளிக்கும் வரத்தைவிட வேறொன்று முக்கியமாகவுள்ளது. போட்டியுலகம் மறைய வேண்டும்; பொருமையுலகம் வீய வேண்டும். கூட்டுணர்ச்சி பெருக வேண்டும்; மனிதப் பண்பாடு வளரவேண்டும். இவற்றை யெல்லாம் மனத்தில் கொண்டுதான் சர் வின்ஸ்டன் சர்ச்சில்[51] அணுயுகத்தை நம்முடைய 'தலைவிதியின் திருப்பம்' என்று கூறிப் போந்தார். எதிர்காலத்தில் தோன்றவேண்டிய ஆற்றல் மின்னாற்றல் மட்டிலும் அன்று; அது பொருளாதார ஆற்றலாகவும் சமூக ஆற்றலாகவும் மலர வேண்டும். எதிர் காலத்தில் நிறுவப்பெறும் மின்னாற்றல் நிலையங்களிலிருந்து வெளிப்படும் எதிர் மின்னிகளின் பிரவாகம் பிற்போக்கான நாட்டில் உரிமைக் குறைவுடன் திண்டாடும் குருதியோட்டத்தில் பாய்ந்து செல்லும். அவ்வாற்றல் பாலைவனங்களையும் சோலைவனங்களாக்கத் துணைசெய்யும்; இயற்கையன்னை தன் அகட்டினுள் மறைத்து வைத்திருக்கும் பொருள்களைப் புறத்தே கொண்டுவந்து செல்வங் கொழிக்க உறுதுணையாகவிருக்கும்; உடல்நலத்தை வளர்த்து வாழ்நாளை நீட்டிக்கும்; அதே சமயத்தில் உணவுப் பெருக்கத்தையும் நல்கும். அணுகுண்டு போர்க்காலத்தில் பெருந்துணை புரிந்தது போலவே, அணுவாற்றலும் அவ்வாற்றலில் தோன்றிய உடன்-விளைவுப் பொருள்களும் ஆக்கத்தில் பல வியத்தகு செயல்களுக்கும் பெருந் துணைபுரியும். இத்தகைய நலன்களை ஒரு பத்தாண்டில், அல்லது ஒருசில பத்தாண்டுகளில் நாம் எதிர்பார்க்கலாம். இவ்விளைவுகளைத் துய்க்கும்பேறு மனிதன் கையில் தான் இருக்கின்றது. தாருகவனத்து முனிவர்கள் அபிசார யாகத்திலிருந்து கிளப்பிவிட்ட கொல்களிறு, நஞ்சுகளைக் கக்கும் பாம்புகள்போன்ற கொடியவற்றையும் ஆலமுண்ட நீலகண்டன் தன்நலத்திற்காகப் பயன்படுத்திக் கொண்டதைப் போலவே, அறிவியலறிஞர்கள் சோதனைச்சாலையில் கண்டறிந்த அணுகுண்டின் ஆற்றலை மக்கள் வாழ்வின் பொருட்டுப் பயன்படுத்திக் கொள்ளவேண்டும்.

[51] *சர் வின்ஸ்டன் சர்ச்சில்* - Sir Winston Churchill.

அகந்தையில் ஆழ்ந்துள்ள அவன் அவ்வகந்தைக் கிழங்கை வேருடன் தோண்டி எடுத்து ஆன்ம நேய ஒருமைப்பாட்டில் திளைக்கவேண்டும். இதற்கெல்லாம் அறச் சுரணையுடன் வாழும் நம் நாடுதான் வழி காட்டவேண்டும். காந்தியடிகள் காட்டிய பாதையில் அரசியலை வகுத்து உலகை உய்விக்க வேண்டும். அவர் அடிவழி யொழுகும் நேரு போன்ற பெருந்தலைவர்கள் அத்தகைய ஆன்ம அமைதியைக் காட்டும் அரசியற் கருத்துக்களை ஐக்கிய நாட்டு ஸ்தாபனங்களில் அடிக்கடி எடுத்துப்பேசி உலகிலுள்ள அறிஞர் பெருமக்களை அவ்வழிக்குத் திருப்பவேண்டும். அதுவே புத்தர் போன்ற ஞானியர் காட்டியவழி; மன்பதை உய்ய மக்கள் மக்கள் நலத்துக்காக வகுத்துக் கொள்ள வேண்டிய வழி. அத்தகைய பெரு வழியில், அற வழியில், புதியதோர் உலகு வகுத்துத்தர ஆண்டவன் அருள்வானாக.

வாழ்க உலகெலாம்!

அணுவின் ஆக்கம் முற்றும்

பின்னிணைப்பு-1

இப்புத்தகம் எழுதுவதற்குப் பயன்பட்ட நூல்கள்

(அ) – ஆங்கில நூல்கள்

1. Bertrand Russel : The ABC of Atoms.
2. Crammer, J. L. and Peierls, RE : Atomic Energy.
3. Frank Ross, Jr. : Super Power–the story of Atomic Energy.
4. Gordon Dean : Report on the Atom.
5. Lynn Poole : Today's Science and You.
6. Margaret O. Hyde : Atomic Energy—today and tomorrow.
7. U.S.A.E. Commission's Pamphlets :

   (i) Atomic Energy and the Life Sciences (1949)

   (ii) Atoms and investors.

   (iii) Atoms go to work for industry.

   (iv) Harnessing the atom for peace.

   (v) Industry enters the Atomic Age (Manufacturing series No. 210)

   (vi) Nuclear Energy and its uses in peace (1955)

   (vii) Some applications of atomic energy in plant science.

   (viii) Scientific American (December, 1954 issue.

(ஆ) - தமிழ் நூல்கள்

1. ஔவையார்	:	விநாயகரகவல்
2. கச்சியப்ப முனிவர்	:	கந்த புராணம்
3. கம்பர்	:	கம்பராமாயணம்
4. கலைக்களஞ்சியம்	:	தொகுதி 1, 4.
5. சேக்கிழார்	:	பெரியபுராணம்
6. திருவள்ளுவர்	:	திருக்குறள்
7. பரஞ்சோதியார்	:	திருவிளையாடற்புராணம்
8. பாரதியார்	:	கவிதைகள்
9. மாணிக்கவாசகர்	:	திருவாசகம்

பின்னிணைப்பு—2

கலைச் சொற்கள் – விளக்கக் குறிப்பு

அணு (Atom): வேதியல் அமைப்பிலுள்ள அலகு; தனியாக நிலைத்து நிற்கக்கூடிய வேதியல் தனிமத்தின் மிகச் சிறிய துணுக்கு. பல்வேறு முறைகளில் பல்வேறு எண்ணிக்கையுள்ள அணுக்கள் வேதியல் முறையில் அமைந்து வேதியற் சேர்க்கைப் பொருள்களின் அணுத்திரளைகளாகின்றன. பரிதிய அணுவின் குறுக்களவு ஓர் அங்குலத்தில் பத்து கோடியில் ஒரு பங்கைவிடக் குறைவு.

அணு - அடுக்கு (atomic pile): தகுந்த கட்டுப்பாட்டுடன் உட்கருப் பிளவு வினைவினை நிகழ்த்த உதவும் ஒரு சாதனம். இது அணுப்பிளவினால் ஆற்றலைப் பயனுள்ள வடிவில் மாற்றவும் கதிரியக்கப் பண்புகொண்ட ஓரிடத்தான்களைத் தயாரிக்கவும் உட்கரு-வினைகளைத் தூண்டவும் பயன்படும்.

அணு - எடை (atomic weight): இதை அணு நிறை என்றும் கூறுவர். ஒரு தனிமத்தின் அணுவிற்கும் ஒரு திட்டத் தனிமத்தின் அணுவிற்கும் உள்ள ஒப்பு நிறையே இது. ஒவ்வொரு பொருளின் எடையையும் அதிலுள்ள அணுத்திரளையின் எண்ணிக்கையால் வகுத்தால் அணு-எடை கிடைக்கும்.

அணு - எண் (atomic number): ஒரு பொருளின் அணுவிலுள்ள நேர் இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையே இது.

அணு – உலை (reactor): இதில் அணு எரியைகள் தொடர்நிலை இயக்கம் பெற்று ஆற்றலை வெளிவிடும். அணு உலையில் ஓர் உள்ளகம், ஒரு தணிப்பான், கட்டுப்படுத்தும் கோல்கள், குளிர்ப்பான், காப்புறை ஆகியவை அடங்கியிருக்கும்.

அணுத்திரளை (molecule): தனித்து நிலைத்து நிற்கக் கூடிய வேதியற் சேர்க்கைப் பொருளின் மிகச் சிறிய துணுக்கு. அது பல்வேறு எண்ணிக்கைகளில் பல்வேறு தனிமங்களின் பல்வேறுவித அணுக்களைக் கொண்டிருக்கும். திடப்பளிங்கில் அணுத்திரளைகள் நெருங்கிச் சேர்ந்திருக்கும்; திரவப் பொருளில் நெகிழ்ந்து காணப்படும்; வாயுப் பொருள்களில் தனித்தனியாகப் பிரிந்திருக்கும்.

அண்டக் கதிர்கள் (cosmic rays): வான வெளியிலிருந்து நாம் அறியாத மூலங்களிலிருந்து பெருவேகத்துடன் பூமியை அடையும் கதிர்கள். அவற்றின் ஆற்றல் பல ஆயிரம் இலட்சம் வோல்ட்டுகளுக்குச் சமம். அவற்றில் நேர்இயல் மின்னிகளும் பெரிய அணுக்கருக்களும் அடங்கியுள்ளன. அவை காற்று மண்டலத்தில் தாக்கும்பொழுது உடன்நிலை (secondary) அண்டக் கதிர்களாக மாற்றப்பெறுகின்றன. இக் கதிர்களில் நேர்இயல் மின்னிகள், எதிர்மின்னிகள், பொது இயல் மின்னிகள், காமா-கதிர்கள், கணக்கற்ற துணுக்குகளடங்கிய எதிர் இயல் மின்னிகள் போன்றவை அடங்கியுள்ளன.

அரை - வாழ்வு (half-life): ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கதிரியக்கத் தனிமம் படிப்படியாக நடைபெறும் அணுச் சிதைவினால் அதன் பாதியளவு தேய்ந்து வருவதற்குத் தேவையான காலம். பல்வேறு தனிமங்களில் இது ஒரு வினாடியின் ஒரு பகுதியிலிருந்து பல்லாயிரக் கணக்கான ஆண்டுகள் வரையிலும் உள்ளது.

ஆல்பா - துணுக்கு (alpha particle): கதிரியக்கப் பொருள்கள் வெளிவிடும் மூவகைக் கதிர்களில் இது ஒன்று. ஆல்பா-துணுக்கு பரிதிய அணுவின் கருவினை யொத்திருக்கும். அதில் இரண்டு நேர்இயல் மின்னிகளும் இரண்டு பொது இயல் மின்னிகளும் அடங்கியிருக்கும்; இரண்டு நேர் மின்னூட்டத்தையும் கொண்டிருக்கும். (பீட்டா-துணுக்கு, காமா-கதிர்களைப் பார்க்க.) இதனை ஆல்பா-கதிர் என்று வழங்குவதும் உண்டு.

உட்கரு (nucleus): கருவினைப் பார்க்க.

உள்ளகம் (core): அணு உலையில் உள்ள சுறுசுறுப்பாக இயங்கும் பகுதி. இதில்தான் பக்குவிடுதல் நடைபெறுகின்றது.

எதிர் மின்னி (electron): அணுவைச் சுற்றிலுமுள்ள கோள் நிலை வட்டங்களிலுள்ள மின் துணுக்கு. எதிர்மின்னூட்டத்தைக் கொண்டது; எதிர் மின்சாரத்தின் மூல அளவும் இதுதான். ஓர் அணுவின் வெளிவட்டத்திலுள்ள இவைகளே அணுவின் வேதியற் பண்புகளுக்குக் காரணமாகின்றன. ஓர் எதிர்மின்னியின் எடை நேர்இயல் மின்னியின் எடையில் 1840-ல் ஒரு பங்கு.

எதிர் இயல் மின்னி (mason); இந்தத் துணுக்கை ஜப்பானிய அறிஞர் ஹிடேகியூகோவா என்பார் 1935-ல் கண்டறிந்தார். இது நேர்இயல் மின்னியின் எடைக்கும் எதிர் மின்னியின் எடைக்கும் நடுத்தரமானது. அணுக்கருவில் தோன்றும் இது அற்ப ஆயுளை யுடையது; ஆகவே, இதனை இன்னும் அறிஞர்கள் சரியாக ஆராயவில்லை.

எறுழ் (erg): ஒரு கிராம் எடையின் 980-ல் ஒரு பங்கினை (சராசரி ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கினை) ஒரு சென்டிமீட்டர் உயரம் தூக்குவதற்கு வேண்டிய ஆற்றல்.

ஒளிச் சேர்க்கை (photosynthesis): சூரிய ஒளியைக் கொண்டு தாவரங்கள் இலைப்பச்சைத் துணுக்குகளின் துணையால் மாப்பொருளைத் தயாரிக்கும் கிரியை.

ஓரிடத்தான்கள் (isotopes): ஒரே வேதியற் தனிமத்தின் பல்வேறு அணு வகைகள். இவற்றின் உட்கருக்களில் ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள நேர்இயல் மின்னிகளும், சுற்றியுள்ள வெளி வட்டத்தில் ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள எதிர்மின்னிகளும் இருக்கும். ஆகவே, அவற்றின் வேதியற் பண்புகள் ஒத்தவையாக இருக்கும். உட்கருவிலுள்ள பொது இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையில் மட்டிலும்தான் அவை வேறுபடும். எனவே, கருக்களின் பொருண்மையிலும், அணுக்களின் எடையிலும் அவை வேறுபடுகின்றன.

கதிரியக்கம் (radioactivity): அணுச்சிதைவில் நேரிடும் பௌதிக, வேதியல் கிரியைகளின் தொகுதி. அஃதாவது கனமுள்ள ஓர் உட்கரு தானாகவே சிதைந்து வேறொரு உட்கருவாக மாறுவது.

கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் (radioisotopes): வேதியற் தனிமத்தின் அணுவகைகள். கதிர் விட்டுக்கொண்டே சிதைந்தழிபவை. நிலைத்த தன்மையுடையவை அல்ல.

கரு (nucleus): உட்கரு என்றும் இதனை வழங்குவர். எல்லா அணுக்களின் நடுவிலிருக்கும் அடர்ந்த உள்ளகம். அணுவின் குறுக்களவில் பத்தாயிரத்தில் ஒரு பங்குதான் இதன் குறுக்களவு. இது ஓர் அங்குலத்தில் இலட்சங் கோடியில் ஒரு பங்கு.

கனநீரியம் (heavy hydrogen); இயற்கையில் கிடைக்கும் நீரியம் மூன்று வகை ஓரிடத்தான்களைக் கொண்டது. அவை புரோட்டியம் (protium), ட்யூடெரியம் (deuterium), டிரைட்டியம் (tritium) என்று வழங்கப்பெறும், இயற்கையில் கிடைக்கும் நீரியத்தில் முதல் வகை 99·98%. இந்த மூன்றின் உட்கருவிலும் ஒற்றை நேர் மின்னூட்டமும், வெளிப்புற வட்டத்தில் ஒற்றை எதிர்மின்னியும் உள்ளன. எதிர்மின்னியே அவற்றின் ஒத்த வேதியற் பண்புகளுக்குக் காரணமாகும். அவை கருக்களில் வேறுபடுகின்றன. முதல் வகை நீரியத்தின் கருவில் ஒரு நேர் இயல் மின்னிதான் உண்டு; இரண்டாவது வகை நீரியத்தின் கரு இருநி deuteron) என்று வழங்கப்பெறுவது; இதில் ஒரு நேர் இயல் மின்னியும் ஒரு பொது இயல் மின்னியும் அடங்கியிருக்கும்; மூன்றாவது வகை நீரியத்தின் கருவினை டிரைட்டான் (triton) என்று வழங்குவர்; இதில் ஒரு நேர் இயல் மின்னியும் இரண்டு பொது இயல் மின்னிகளும் அடங்கியுள்ளன. பின்னிரண்டு வகையும் முதல் வகையைப்போல் முறையே இரண்டு மடங்கு, மூன்று மடங்கு பொருண்மையுடையனவாக—கனமாக—இருக்கின்றன. மூன்றும் சேர்ந்துதான் கனநீரியம் என்று வழங்கப் பெறுகின்றன. நீரியத்தின் ஆக்ஸைடு

தான் நீர்; அதுபோலவே கனநீரியத்தின் ஆக்ஸைடுதான் கனநீர் என்பதும்.

கனலி (calorie): ஒரு கிராம் நீரைச் சூடளப்பானில் ஒரு சுழி அளவு சூடேற்றத் தேவைப்படும் சூட்டின் அளவு. ஒரு கனலி $4{\cdot}2 \times 10^7$ எறுழ்களுக்குச் சமம். இதைக் கண்டு பிடித்தவர் ஜூல் (Joule) என்பார்.

காப்புறை (shielding): புதிர்க் கதிர்க்குழல், கதிரியக்க முள்ள பொருள்கள், பக்குவிடும் கிரியையின் விளைபொருள் கள், ஓர் அணு உலையில் நடைபெறும் பக்குவிடும் கிரியை ஆகியவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் தீங்கு பயக்கும் கதிர் வீச்சுக்களிலிருந்து பாதுகாப்பாக இருப்பதற்குரிய சாதனம். ஆல்பா-கதிர்களுக்கு ரப்பர் உறைபோதும்; பீட்டா-கதிர் களுக்கு அல்லது சாதாரண புதிர்க்கதிர்களுக்கு காரீய மேலுறை வேண்டும். ஆனால், அணு உலையிலிருந்து வெளிப் படும் தீவிரமாகத் துளைத்துச் செல்லவல்ல காமா-கதிர் களுக்கும் பொது இயல் மின்னிகளுக்கும் ஏழு அடி கன முள்ள கப்பிச் சுவர் (concrete wall) தேவை.

காமா-கதிர்கள் (gamma rays): கதிரியக்கப் பொருள் வெளிவிடும் மூவகைக் கதிர்களில் ஒருவகை இவை. காமா-கதிர்கள் துணுக்குகளன்று; அவை ஒளிக்கதிர்களைப் போல வும் புதிர்க்கதிர்கள் போலவும் கதிர் வீச்சுக்கள். கதிர் வீச்சின் அலை - நீளம் புதிர்க்கதிர்களின் அலை - நீளத்தில் ஆயிரத்தில் ஒரு மடங்கு. அவற்றைவிட அதிகமாக ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியவை.

கார்னோடைட் (carnotite): யுரேனியத்தின் முக்கிய கனிப் பொருள் (ore). இதில் வேனேடியமும் பொட்டாசிய மும் கலந்திருக்கும். மஞ்சள் மணற் கற்களாகவோ அன்றி மஞ்சள் மணற் பொடிகளாகவோ பரந்து காணப்படுவது.

குதிரைத் திறன் (horse power): பௌதிக இயலில் திறனை அளவிட மேற்கொள்ளப்பெறும் ஓர் அலகு. 550 இராத்தல் எடையுள்ள பொருளை ஓர் அடி உயரம் தூக்கக் கூடிய திறன்தான் இது. இது சுமார் 746 வாட்டுக்குச்

சமம். ஆகையால் ஒரு கிலோவாட்டு என்பது $1\frac{1}{3}$ குதிரைத் திறனாகும். பிரான்சு நாட்டில் ஒரு குதிரைத்திறன் 736 வாட்டுக்குச் சமம்.

குயூரி (curie): ஒரு கிராம்-எடை தூய்மையான ரேடியம் தரக்கூடிய கதிர்ப்பு ஆற்றல்; கதிர்ப்பு ஆற்றலை அளக்கும் திட்டமான அலகு.

குளிர்ப்பான் (coolant): குளிரவைப்பதற்கு உதவும் எப்பொருளும் இப்பெயரால் வழங்குவது. திட்டமாகக் கூறினால் ஒரு திரவமோ வாயுவோ அணு உலையின் உள்ளகத்தினூடேயோ அன்றி அதைச் சுற்றிலுமோ சுற்றி வருமாறு செய்து குறைந்த சூட்டுநிலையில் அதனை வைத்திருப்பது.

கேமுயு-டூ (K mu-two): அண்மையில் கண்டறியப் பெற்ற அணுவின் உள்ளகத்திலுள்ள ஒரு துணுக்கு. கிட்டத்தட்ட 21 துணுக்குகள் அணுவினுள் அடங்கி யுள்ளன.

கேபை-டூ (K pi-two): இதுவும் அண்மையில் கண்டறி யப்பெற்ற துணுக்கே.

சடத்துவம் (inertia): ஒரு பொருள் தன் நிலையில் மாறு தல் நிகழ்வதை எதிர்க்கும் பண்பு. இப்பண்பு எல்லாப் பொருள்களிடத்தும் உள்ளது. அசைவற்ற நிலையிலிருக்கும் ஒரு பொருள் தன்மீது ஒரு விசை (force) தொழிற்பட்டா லன்றித் தனது அசைவற்ற நிலையிலேயே இருக்க முயலும். சீரான நேர் வேகத்துடன் (velocity) இயங்கும் பொருள் களும் தம்மீது வேறு விசை செயற்பட்டாலன்றித் தாம் இயங்கும் நிலையிலேயே இருக்க முயலும்.

சிதைந்தழிதல் (disintegration): பிரிந்தழிதல் என்றும் இதனை வழங்குவர். கதிரியக்கமுள்ள தனிமத்தின் அணுக்கள் தாமாகவே இலேசான அணுக்களாக அடையும் மாற்றம். இம் மாற்றம் அடையுங்கால் ஆல்பா, பீட்டா, காமா-கதிர்கள் வெளிவிடப் பெறும்.

சுழலினி (cyclotron) : ஆற்றல் வாய்ந்த ஓர் இயந்திரம். இதில் நேர்இயல் மின்னிகள் போன்ற மின்னூட்டம் பெற்ற உட்கருத் துணுக்குகள் ஒருமின் காந்தத்தின் இரு துருவங்களுக்கும் இடையே படுக்கைவசமாக அமைந்துள்ள சுருள் வழியே சென்று ஒவ்வொரு வழியில் செல்லும்பொழுதும் கூடிய (additional) விசையைப் பெற்று ஆற்றல் வாய்ந்த எய்பொருள்களாக (projectiles) வெளிப்படும். இவைதாம் உட்கருவினைத் தாக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இவை உட்கரு அமைப்பின் ஆராய்ச்சியிலும் உட்கரு-வினைகளிலும் பயன்படுகின்றன.

தணிப்பான் (moderator) : பக்குவிடுதல் நடைபெறும்பொழுது வெளிப்படும் பொது இயல் மின்னிகளின் வேகத்தைக் குறைத்து அவை மேலும் மிகுதியாகத் திறனுடன் பக்குவிடச் செய்வதற்கேற்ற வேகத்தில் வைத்து தொடர் நிலை இயக்கம் நடைபெறத் துணையாக இருப்பதற்கு அணு உலையில் உபயோகப்படும் ஒரு பொருள். எ-டு பென்சில்கரி யுரேனிய அடுக்கில் உபயோகப்படும் ஒரு தணிப்பான்.

தொடர்நிலை விளைவு (chain reaction) : இது ஒரு வேதியற் கிரியை. தொடக்கி விட்டுவிட்டால் அது தேவையான ஆற்றலை உற்பத்தி செய்துகொண்டு தானாக நிலை பெறச் செய்துகொள்ளும். அதனால் கிடைக்கக் கூடிய முழுப் பொருளையும் எரித்துவிடும். எந்த வெடித்தலும் இதற்கு ஒரு எடுத்துக்காட்டாகக் கொள்ளலாம். ஆனால், பொது இயல் மின்னியின் தாக்குதலால் நடைபெறும் தொடர்நிலை இயக்கம் இவ்வாறு நடைபெறுகின்றது : ஓர் ஒற்றைக் கரு பக்குவிட அதிலிருந்து வெளிப்படும் பொது இயல் மின்னிகள் அண்மையிலுள்ள உட்கருக்களைப் பக்குவிடச் செய்கின்றன. இச்செயல் தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றது ; இது பெருவிசையுடன் நடைபெறும்.

நியுட்ரினோ (nutrino) : எதிர் மின்னியைப் போன்ற மிகச் சிறிய துணுக்கு. இதற்கு எடையும் இல்லை ; மின்னூட்டமும் இல்லை. இது இன்னும் கொள்கையளவில்தான்

உள்ளது; இது இன்னும் சோதனை மூலம் பிரித்துக் கண்டறியப் பெறவில்லை.

நேர்மின்னி (positron): எதிர்மின்னியுடன் பிறந்த இரட்டைக் குழந்தை. அளவிலும் எடையிலும் எதிர் மின்னியை யொத்தது. ஆனால், நேர்மின்னூட்டம் பெற்றது. இதன் வாழ்நாள் மிகக் குறுகியது.

நேர் இயல் மின்னி (proton): எல்லா அணுக் கருக்களி லும் இயைபுப் பொருளாகவுள்ள அடிப்படையான துணுக்கு. அது ஒற்றை மின்னூட்டத்தைக் கொண்டது. ஓர் உட் கருவிலுள்ள நேர்இயல் மின்னிகளின் எண்ணிக்கை அதன் மின்னூட்டத்தை நிர்ணயிக்கும்; இதனால் அதைச் சுற்றி லும் புறத்தேயுள்ள கோள்நிலை வட்டங்களிலுமுள்ள எதிர் மின்னிகளின் எண்ணிக்கையும் உறுதிப்படுகின்றது. வான வெளியிலுள்ள அண்டக் கதிர்கள் நேர்இயல் மின்னிகளா லானவை.

பக்குவிடல் (fission): ஒரு பொதுஇயல் மின்னியின் தாக்குதலால் பளுவான அணுவின் கருவொன்று பிளவுற்று பெருவேகத்துடன் பறந்து செல்லும் சில்லுகளாக (இவை குறைந்தபொருண்மையையுடைய அணுக் கருக்கள்) தூக்கி யெறியப்படும். இதனால் வெளிப்படும் ஆற்றல் சூடாக வெளி வருகிறது. சாதாரணமாகஓர் உட்கருவிலிருந்து ஒன்றிலிருந்து மூன்றுவரை பொது இயல் மின்னிகள் பெருவேகத்துடன் வெளிப்பட்டு அண்மையிலுள்ள உட்கருக்களிலும் பக்குவிடு தலை நிகழ்த்தி தொடர்நிலை இயக்கம் நடைபெறச் செய்யும். ஒரு தனிமத்தின் பக்குவிடக் கூடிய அணுக்கள் 'பிளவுறும் அணுக்கள்' என வழங்கப் பெறுகின்றன. பொது இயல் மின்னியின் வலுவான தாக்குதலால் பக்குவிடும் கிரியையில் வெளிப்படும் சில்லுகள் தீவிரமான கதிரியக்கத் தன்மை யைப் பெற்றிருக்கும். இது பக்குவிடும் கிரியையின் விளைவுப் பொருள் என்று வழங்கப்பெறும். இதில் பல்வேறு விதமான தனிமங்களும் ஓரிடத்தான்களும் அடங்கியிருக்கும்.

பிச்சுக்கட்டி (pitchblende): யுரேனியம் அதிக அளவு கலந்துள்ள கனிப்பொருள். கரிய நிறமுள்ள ஆக்ஸைடு

இக்கனிப் பொருள் செக்கோசுலோவாக்கியா, பெல்ஜியன் காங்கோ, கானடா ஆகிய நாடுகளில் அதிகமாகக் கிடைக்கின்றது.

பிரீடர் அணு உலை (breeder reactor): ஓர் அணு உலை மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யும்பொழுது தான் உட்கொள்ளும் அணு எரியையைவிட அதிகமான அணு எரியையை உற்பத்தி செய்வது. அது யுரேனியம்-238-ஐ பக்குவிடும் தன்மையுள்ள யுரேனியம்-235 ஆகவோ தோரியம் 232-ஐ பக்குவிடும் தன்மையுள்ள யுரேனியம்-233 ஆகவோ மாற்றக் கூடியது. அஃதாவது, அது பக்குவிடும் தன்மையற்ற தனிமங்களை எரியைகளாக மாற்றக் கூடியது.

பிளவுறல் (fission): பக்குவிடல் பார்க்க.

பீட்டா-துணுக்கு (beta particle): கதிரியக்கப் பொருள்கள் வெளிவிடும் கதிர்களில் ஒருவகை. அது எதிர் மின்னியை ஒத்திருக்கின்றது; அது ஒற்றை எதிர் மின்னூட்டத்தைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கிறது. ஆனால், அது அணுவின் உட்கருவிலிருந்து ஒளியின் வேகம் அளவுக்கு வெளியிடப்பெறுகின்றது. அது ஆல்பா-கதிர்களைவிட அதிகமாகத் துளைத்துச் செல்லும் வன்மையையும், காமா-கதிர்களைவிடக் குறைந்த துளைத்துச் செல்லும் வன்மையையும் கொண்டிருக்கிறது.

புதிர்க்கதிர்கள் (x-rays): ஒரு வெற்றிடக் குழாயில் அதிக மின் அழுத்தத்திலும் அதிக வேகத்துடனும் எதிர் மின்னிகளை முன்னோக்கிச் செலுத்தி அவை டங்க்ஸ்டன் போன்ற உலோகத்தாலான இலக்கில் தாக்கச் செய்தால் உண்டாகும் கதிர்வீச்சுக்கள். அவை ஒளியைப்போல் அலை-அதிர்வுகளைக் கொண்டவை. அவற்றின் அலை-நீளம் கண்ணால் காணக்கூடிய ஒளியலை நீளத்தில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு. புதிர்க்கதிர்களைக் கண்ணால் காணமுடியாது. ஆயினும், அவை பல அங்குல கனமுள்ள பொருளையும் துளைத்துச் செல்லக் கூடியவை; ஒளியைப்போல புகைப்படத் தகட்டையும் பாதிக்கக் கூடியவை, இவ்வாறு துளைத்

துச் செல்லுவது அதிக மின் அழுத்தத்தில் அதிகமாகும்; அது அவை தாக்கும் பொருளின் செறிவையும் பொறுத்தது. அவை மானிட உடல் உட்பட பொருள்களின் உள்ளமைப்பைப்பற்றிய நிழற் படங்களை எடுக்கப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. கி. பி. 1895-ல் தற்செயலான டபிள்யூ. சி. ராண்ட்ஜெனின்,[1] இக்கதிர்க் கண்டுபிடிப்பு 1896-ல் பெக்குரலின் இயற்கைக் காமா-கதிர்களின் கண்டுபிடிப்பிற்கு வழியமைத்துத் தந்தது; அதனால் குயூரித் தம்பதிகளின் ரேடியம் கண்டுபிடிப்பிற்கும் வழிகாட்டியது. ரேடியக் கண்டுபிடிப்பு அணுவின் உள்ளமைப்பைத் துலக்கமடையச் செய்ததுடன் அணுவியலைப்பற்றிய அனைத்தையுமே விளக்கமடையச் செய்தது.

புளுட்டோனியம் (plutonium): ஓர் அணு உலையில் யுரேனியம்-235 பக்குவிடுதலால் உண்டாகும் பொது இயல் மின்னிகளைக்கொண்டு யுரேனியம்-238 தாக்கப்பெறும் பொழுது உண்டாகும் 239 அணு-எடையைக்கொண்ட ஒரு வேதியற் தனிமம். இத் தனிமமே பக்குவிடும் தன்மையுடையது; அது யுரேனிம்-235 உடன் சேர்ந்து இரண்டு முக்கிய எரியைகளாகின்றது. புளுட்டோனியம் இயற்கையில் கிடைக்கும் தனிமம் அன்று. காரணம், அதுவும் கதிரியக்கமுடையது; 24,300 ஆண்டுகள் அரை-வாழ்வைக் கொண்டது. ஏதாவது தொடக்கத்தில் இருந்திருந்தால் அது காலப் போக்கில் சிதைந்தழிந்து மறைந்திருக்கக் கூடும்.

பொது இயல் மின்னி (neutron): இது மின்சார சமநிலையிலுள்ள ஓர் அடிப்படைத் துணுக்கு; சாதாரண நீரியக் கருவைத் (புரோட்டியம்-protium) தவிர எல்லா அணுக் கருக்களின் இயையுப் பொருளாக இருப்பது. இதன் எடை கிட்டத்தட்ட நேர் இயல் மின்னியின் எடைக்குச் சமமானது. ஓரிடத்தான்களிடம் காணப்பெறும் எடை வேற்றுமை பொது இயல் மின்னிகளால் ஏற்படுவது. பொது இயல் மின்னிகள் கரு பிளவுறுங்கால் வெளிப்படும்; பக்கு

---

[1] டபிள்யூ. சி. ராண்ட்ஜென் - W. C. Roentgen.

விடுதலிலும் தொடர்நிலை விளைவுளிலும் முக்கிய பங்கு கொள்ளும்.

மோனசைட் (monazite): இது தோரியத்தின் முக்கிய கனிப்பொருள் (ore). இது அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளிலுள்ள கரோலினா என்ற இடத்திலும், பிரேஸில், இலங்கை, குமரிமுனை ஆகிய இடங்களிலும் மஞ்சள்-கபில நிறமுள்ள மணலாகக் கிடைக்கின்றது.

வழி-துலக்கி (tracer): சாதாரணமாக நிலைத்த ஒரு வேதியற் தனிமத்தின் கதிரியக்க ஓரிடத்தான். அது வலிவற்ற கதிர் வீச்சுக்களை வெளிவிடுபவை; சாதாரணமாக அது பீட்டா-கதிர்களையே வெளிவிடும். இக் கதிர்களை மிக நுட்பமான கருவிகளைக்கொண்டு துப்பறியலாம். இது தனிம நிலையில் இதன் சேர்க்கைப் பொருள்களுடன் கலந்துவிட்டால் அது அதனை ஸ்தூல நிலையில் தொடர்வதோடன்றி எல்லா வேதியற் கிரியைகளிலும் தொடர்ந்து செல்லுகிறது. அதன் கதிர்களைக்கொண்டு அதனை மானிட உடலிலும், பிராணிகளின் உடலிலும் நடைபெறும் மிகச் சிக்கலான உயிரியல் கிரியைகள் உட்பட எல்லா வேதியற் கிரியைகளிலும் தொடர்ந்து செல்வதற்கு உபயோகப் படுத்தலாம்.

வாயு பரவுதல் (diffusion): நேரிட்டபடி கலக்கும் ஒரு கிரியை. இதில் ஒரு வாயுவின் அல்லது திரவத்தின் அணுத் திரளைகள் வேறொரு வாயுவின் அல்லது திரவத்தின் அணுத் திரளைகளினூடே அலைந்து திரிவது. இதில் அமுக்க வேற்றுமையே இல்லை; சூட்டு நிலையினால் மட்டிலும் தூண்டப் பெறும். எனவே, ஓர் அறையிலுள்ள காற்றில் விடுவிக்கப் பெறும் வாயு காற்று முழுவதும் பரவி விடும். ஏதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட சூட்டுநிலையில் தூண்டப்பெறுவதன் வேகம் அதிகப் பொருண்மையுள்ள அணுத்திரளைகளிலிருப்பதை விட குறைந்த பொருண்மையுள்ள அணுத்திரளைகளில் அதிகமாக இருக்கும். இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டே சிறிய துவாரங்களின் வழியாக ஓரிடத்தான்கள் வாயு பரவுதல் மூலம் பிரிக்கப்பெறுகின்றன.

பின்னிணைப்பு-3

கலைச்சொல்லகராதி

A

Abbot - மடத்தலைவர்
Aberration - நிலைமாறிய தோற்றம்
Abnormalities - முறை பிறழ்ச்சிகள்
Absorb - கவருதல், உறிஞ்சுதல்
Action - இயக்கம்
Acute haemorrhage - கொடுமையான குருதியொழுக்கு
Agronomist - உழவுத்துறை அறிவியலறிஞர்கள்
Albino - ஆல்பினோ
Alchemy - இரசவாதம்
Alcohol - ஆல்ககால்
Alpha rays - ஆல்பா - கதிர்கள்
Aluminium - அலுமினியம்
Americium - அமெரிசியம்
Amino acids - அமினோ அமிலங்கள்
Amino adipic acid - அமினோ அடிபிக் அமிலம்
Amplifier - பெருக்கி
Anaemia - சோகை
Analyse - பகுத்துப்பார்
Anatomy - உடற்கூறுபாடு
Angina pectoris - அஞ்சினா பெக்டோரிஸ்
Antibiotic effects - எதிர்-உயிர் விளைவுகள்
Appaling burns - சகிக்க முடியாத அழற்புண்கள்
Apparatus - ஆய்கருவி
Archaeology - தொல்பொருட்கலை
Arctic circle - ஆர்க்டிக் வட்டம்
Argon - ஆர்கான்
Arid - வறண்ட
Armature - பிணைகை
Artificial transmutation - செயற்கை இரசவாசம்
Atom - அணு
Atomics - அணுவியல்
Atomic bamb - அணு குண்டு
Atomic bullet அணு ரவை
Atomic Energy Commission - அணு ஆற்றல் குழு
Atomic experts - அணுவியல் நிபுணர்கள்
Atomic fuel - அணு எரியை
Atomic furnace - அணு உலை
Atomic nucleus, Composition of - அணுவின் உட்கருவின் அமைப்பு
Atomic number - அணு-எண்
Atomic pile - அணு - அடுக்கு
Atom smashers - அணுச் சிதைவுக் கருவிகள்
Atom smashing machine - அணுச்சிதைவு இயந்திரம்

'Atomic sparks' - 'அணுப் பொறிகள்'
Attacking tools - தகர்க்கும் கருவிகள்
Aureomycin - ஆர்யோமைஸின்
Automobile - தானோடி

B

Basket ball - கூடைப் பந்து
Beef - மாட்டிறைச்சி
Behaviour - நடத்தை
Beryllium - பெரிலியம்
Berkelium - பெர்க்கிலியம்
Beta rays - பீட்டா-கதிர்கள்
Betatron - பீட்டா டிரான்
Bevatron - பீவா டிரான்
Binding energy - பிணைப் பாற்றல்
Biochemical study - உயிர்-வேதியல் ஆராய்ச்சி
Biology - உயிரியல்
Biologists - உயிர் நூலறிஞர்கள்
Blast furnace - ஊது உலை
Blood - குருதி
Blood plasma - குருதி நிணநீர்
Boiler - கொதி கலம்
Bond - கொக்கி
Bone marrow-எலும்பு மச்சை
Boron - போரான்
Boron trifluoride - போரான் டிரைபுளோரைடு
Bottle - போத்தல்
Bounce - பின்னோக்கித் திரும்பு
Bowels - குடல்கள்
Breeder - பிரீடர்
Breeder reactor - பிரீடர் அணு உலை
Breeder type reactor-பிரீடர் வகை அணு உலை
Brush - தூரிகை
Brown - கபில நிறமுள்ள
Bulb - குமிழ்
By product - உடன் விளைவுப் பொருள்

C

Cadmium - காட்மியம்
Calcium - கால்சியம்
Calorie - கனலி
Cancer - புற்றுநோய்
Capillery - நுண்புழை
Capture - சிறைப்படுத்து
Carbon - கார்பன்
Carbohydrate - கார்ப்போஹைட்ரேட்டு
Carbon dioxide - கரியமில வாயு
Carnotite - கார்னோடைட்
Catalyst - கடுவினையாக்கி, வினையூக்கி
Cell - உயிரணு
,, daughter-சேய் உயிரணு
,, mother - தாய் உயிரணு
Cellulose - மரக்கூழ்
Centrifugal force - புறமுக ஆற்றல், மையம் விட்டோடும் விசை
Cereal - தானியம்
Cerebral palsy - மூளையின் பக்கவாதம்
Cesium - செசியம்
Chain reaction - தொடர் நிலை விளைவு
Charcoal - மரக்கரி
Charge - மின்னூட்டம்
,, negative - எதிர் மின்னூட்டம்
,, positive - நேர் மின்னூட்டம்

Chemical change- வேதியல் மாற்றம்
Chemical compound - வேதியற் கூட்டுப் பொருள்
Chemical energy - வேதியல் ஆற்றல்
Chemical impurities - வேதியல் மாசுகள்
Chlorella - குளோரெல்லா
Chlorine - குளோரின்
Chlorophyll - இலைப் பச்சையம்
Chromosomes-உயிர் அணுக் கோல்கள், வண்ண நொசிகள்
Cloud chamber - மேக அறை
Cobalt - கோபால்ட்டு
Cobalt 'bomb' - கோபால்ட்டு 'குண்டு'
Coal burning plant - நிலக்கரி-எரி நிலையம்
Colony - குடியேற்றம்
Combersome - மிகச் சிக்கலான
Combustible - எரியக்கூடிய
Combustion-எரிதல், தகனம்
Common salt - சோற்றுப்பு, கறியுப்பு
Compound-கூட்டுப்பொருள், சேர்க்கைப் பொருள்
Concentration - அடர்வு
Concrete - கப்பி, காங்கிரீட்
Concrete wall - கப்பிச் சுவர், காங்கிரீட் சுவர்
Conductor - மின் கடத்தி, மின்சாரப் போக்கி
Conference - மாநாடு
Constituent parts - இயைபுப் பகுதிகள், இயைபுக் கூறுகள்
Container - கொள்கலன்
Coolant - குளிப்பான்
Copper - தாமிரம்
Core - உள்ளகம்
Corrosion - அரிப்பு
Cosmic rays - அண்டக் கதிர்கள்
Cosmology - அண்ட இயல்
Cosmotron-காஸ்மோடிரான்
Cost of investment - முட்டு வழிச் செலவு
Counter - எண் - கருவி
Crane - தூக்கு பொறி
Critical mass-தறுவாய் நிறை
Crude - பண்பட
Crust - மேலோடு
Curie - குயூரி (அளவு)
Curium - குயூரியம்
Cycle - மிதிவண்டி

D

Data - எடு கோள்
Decompose - சிதைவடை
Degree - சுழி
Dental caries - சொத்தைப் பல்
Deposits - படிவுகள்
Designs - அமைப்புக்கள்
Detecting tools - துப்பறியும் கருவிகள்
Detective qualities - துப்பறியும் பண்புகள்
Deuteron - இருநி
Diabetes - நீரிழிவு நோய்
Diarrhoea- வயிற்றுக் கடுப்பு
Diagnostic tool - குறையறி கருவி
Diagrams - வரைப்படங்கள்
Diesel - டீஸெல்
Digitoxin - டிஜிடாக்ஸின்
Director-General - தலைமை இயக்குநர்

Discoveries - கண்டுபிடிப்புக்கள்
Disintegration - சிதைந்தழிதல், பிரிந்தழிதல்
Disorder - கோளாறு
Dissolved minerals-கரைந்த தாதுப் பொருள்கள்
Distribute - விநியோகி
Distilate - வடிதிரவம்
Division, process of - பிரிவுக் கிரியை
Dominant trait - ஓங்கி நிற்கும் பண்பு
Dosimeter - டோஸிமீட்டர்
Drug - மருந்துச் சரக்கு
Dynamic changes - இயக்க நிலை மாற்றம்
Dynamo - மின்னுக்கப் பொறி

E

Eczema - எக்ஸிமா
Egg - சூல் கரு
Egg cell - முட்டைக் கரு
Elastic collision - மீளுந் தன்மையுள்ள மோதுதல்
Elasticity - மீள் சக்தி
Electrically neutral-மின்சார நடு நிலை
Electric current - மின்னோட்டம்
Electric motor-மின்னியக்கப் பொறி
Electrical balance - மின்சார சமனிலை
Electricity - மின்சாரம்
,, negative - எதிர் மின்சாரம்
,, positive - நேர் மின்சாரம்
Electroscope - மின்காட்டி
,, gold-leaf - பொன்னிதழ் மின்காட்டி
Electron - எதிர்மின்னி
Electron volt - எலக்ட்ரான் வோல்ட்டு
Electronics-எதிர் மின்னியல்
Electro static generator மின் நிலையியல் மின்னுக்கி
Element - தனிமம்
Empirical - முற்றுரு
Energy - ஆற்றல்
Engineer-பொறியியல்வல்லுநர்
Enzyme - நுரைப்புளியம்
Epilepsy - வலிப்பு நோய்
Equipment-கருவித் தொகுதி
Erg - எறும்
Etherial particles - ஈதரின் துணுக்குகள்
Explosives - வெடி மருந்துக்கள்
Experiments - சோதனைகள்
Experimental animal-சோதனைப் பிராணி
Extraction - பிரித்தெடுத்தல்

F

Fats - கொழுப்புக்கள்
Fertilize - சூல் கொள்ளு
Filament - இழை
Film - பிலிம்
First Class Compartment முதல் வகுப்புப் பெட்டி
Fission - சிதைவு, பிளவுறல், பக்கு விடுதல்
Fission products - பக்கு விடும் பொருள்கள்
Fissionable products - பக்கு விடும் பொருள்கள், பக்கு விடுதலால் உண்டாகும் விளைபொருள்கள்
Flies - ஈக்கள்
Florescent hue - பளபளப்பான நிறம்

Fluorine - புளோரின்
Force - விசை
social - சமூக விசை முன்னேக்கித் தள்ளு
Force of gravitation-கவர்ச்சி விசை
Foot pound - இராத்தலடி (ஓர் அளவு)
Fossil - பாஸில்
Fountain pen-ஊற்றுப்பேனு
Fox glove - பாக்ஸ் குளோவ்
Fragment - சில்லு
Friction - உராய்வு
Fruit fly - பழப் பூச்சி
Frigid zones - பனிப் பிரதேசங்கள்
Fuel - எரியை
,, atomic - அணு எரியை
Funeral boat உத்தரகிரியை படகு
Fungus - காளான்
Furlong - படைசால்
Fusion - இணைதல்
Fusion process - இணைதல் கிரியை

G

Gallon - காலன்
Gamma field - காமா-நிலம்
Gamma rays - காமா-கதிர்கள்
Gas lift - ஆவி தூக்கி
Gasoline - கேஸோலின்
Gear - தளவாடம்
Genes - உயிர் மின்னிகள்
Generation - தலை முறை
Geo-chrometric laboratory- பூகோள கால நிர்ணய ஆய்வகம்
Geology - புவி நூல்
Geriatrics - ஜெரியாட்ரிக்ஸ்
Germ cell - உயிர் அணு
Glycine - கிளிசைன்
Goitre-கழலை நோய்
Grafting - ஒட்டுதல் முறை (தாவரம்)
Gramme - கிராம்
Graphite - பென்சில் கரி
Gravity - புவி ஈர்ப்பு விசை
Green house - செடி வீடு
'Green salt' - 'பச்சை உப்பு'

H

H-bomb - நீரிய குண்டு
Haemoglobin-குருதி நிறமி
Half-life - அரை-வாழ்வு
Health physics - உடல் நல பௌதிகம்
'Heat exchanger' - 'சூடு மாற்றி'
Heavy hydrogen-கன நீரியம்
Heavy water - கன நீர்
Helium - பரிதியம், ஹீலியம்
Helium nucleus பரிதிய உட்கரு
Heparin - ஹெபாரின்
High energy radiation-உயர் வாற்றல் கதிர் வீச்சு
Homogeneous - ஒரு படித்தான
Hormone - ஹார்மோன்
Horse power - குதிரைத் திறன்
Hospital - மருத்துவ நிலையம்
Human therapy - மானிட மருத்துவம்
Hydrogen - நீரியம்
Hydro electric station - நீர் மின்சார நிலையம்
Hyper thyrodism - ஹைப்பர் தைராய்டிஸம்

I

Impure reactor material- மாசுள்ள அணு உலைப் பொருள்
Idle curiosity - சிந்தனையின் விடுப்பு
Incentive-உற்சாகம்
Indirectly - நேரல் முறையில்
Inertia - சடத்துவம்
Institute - நிலையம்
Intensity - அழுத்தம்
Internal combustion engine- உள்ளெரி பொறி
International atomic bank- சர்வதேச அணு பாங்கி
Intestines - குடல்கள்
Intoxicant - போதை தரும் பொருள்
Inverse proportion - தலைகீழ் விகிதம்
Invisible rays-காணுக் கதிர்கள்
Iodine - அயோடின்
Ionizing radiation - அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சு
Ions - அயனிகள்
Iron - அயம், இரும்பு
Isotope-ஓரிடத்தான்,ஐஸோடோப்பு

K

Kerosene - மண்ணெண்ணெய்
Kripton - கிரிப்டான்
K mu - two - கே முயு - டூ
K pi two - கேபை-டூ

L

Labelled lysine - குறியிட்ட லைசைன்
Laboratory - ஆய்வகம்
Laboratory equipment-ஆய்வகக் கருவித் தொகுதி
Lead - காரீயம்
Legume - லெக்யூம்
Length - நீளம்
Lessons - படிப்பினைகள்
Leucine - லூசைன்
Leukamia - லூக்கேமியா
Lipid - லிபிட்
Liquid fuel-திரவ எரிமை
Living cell - உயிரணு
Living things - உயிர்ப் பொருள்கள்
Living tissue-உயிரிழையம்
Locusts - வெட்டுக்கிளிகள்
Lubrication - வழுக்கிடுதல்
Lubricating oil - வழுக்கிடு எண்ணெய்
Locomotive - இடப் பெயர்ச்சிச் சாதனம்
Lymphatic glands-நிணநீர்ச் சுரப்பிகள்
Lysine - லைசின்

M

Magnesium - மக்னீசியம்
Magnifying glass - பெருக்காடி
Maize - மக்காச் சோளம்
Manganese - மாங்கனீஸ்
Mantle - மாண்டில்
Marking - அடையாளமிடுதல்
Mass - பொருண்மை
Mechanical energy – இயந்திர ஆற்றல்
Meiosis – மயோஸிஸ்
Melanin – மெலானின்
Meson – எதிர் இயல் மின்னி
Metabolism – வளர்சிதை மாற்றம்

Metabolic processes - வளர் சிதை மாற்றச் செயல்கள்
Mica - அபிரேகம்
Microbes - நுண்ணிய உயிர்கள், நோயணுக்கள்
Micronutrients-நுண் சத்துப் பொருள்கள்
Microscope-உருப் பெருக்கி, நுண்ணணுப் பெருக்கி
Million - பத்து இலட்சம், ஆயிரமாயிரம்
Mitosis - மைட்டோஸிஸ்
Minerals-கனிப் பொருள்கள்
Moderator - தணிப்பான்
Molecular formula- அணுத் திரளை வாய்பாடு
Molecule - அணுத்திரளை, மூலக்கூறு
Molybdenum - மாலிப்டினம்
Monazite - மோனசைட்
Motion - இயக்கம்
Motor - இயந்திர இயக்கி
Mould - பூஞ்சக் காளான்
Mutation - சடுதி மாற்றம்
Mystery - புதிர்

N

Natural selection - இயற்கைத் தேர்தல்
Natural science - இயற்கை அறிவியல்
Neon - நியான்
Neptunium - நெப்டூனியம்
Neutron - பொது இயல் மின்னி
Neutron bombardment பொது இயல் மின்னியின் தாக்குதல்
Neutron flux - பொது இயல் மின்னி இளக்கி
Nickel - நிக்கல்
Nodule - முண்டு
Nuclear fission - உட்கருப் பிளவு
Nuclear fuel-உட்கரு எரியை
Nuclear physics - உட்கரு பௌதிகம்
Nuclear reactor-அணு உலை
Nuclear science - உட்கரு அறிவியல்
Nucleic acid - நியூகிளிக் அமிலம்
Nucleus-உட்கரு, உள்ளணு
Nutrient - ஊட்டச் சத்து, சத்துப் பொருள்
Nucleonics - உட்கருவியல், நியூக்ளியானிக்ஸ்

O

Oil-soluble - எண்ணெயில் கரையும்
Orbit - அயனவீதி, அயனப் பாதை
Organic debris - கரிமச் சிதைப் பொருள்கள்
Organic fluid - கரிமப்பாய்மம்
Organism - உயிரி
Organic matter - கரிமப் பொருள்
Overactive - மட்டுக்குமிஞ்சி சுறுசுறுப்புடைய
Oxidation - ஆக்ஸிகரணம்
Oxide - ஆக்ஸைடு
Oxygen - உயிரியம்
Oysters - சிப்பிகள்

P

Particle - துணுக்கு
Particle accelerators - துணுக்கு விசை முடுக்கிகள்
Pattern - கோலம்
Pea nut - கடலை

Pencillin - பென்ஸிலின்
Periodic table - ஆவர்த்தன அட்டவணை
Petroleum - பெட்ரோலியம்
Phosphoglyceric acid-பாஸ்போகிளிசெரிக் அமிலம்
Phosphorus - பாஸ்வரம்
Photon-ஒளியணு ஒளிக்கதிர்
Photosynthesis - ஒளிச் சேர்க்கை
Physicist - பௌதிக அறிஞர்
Planets - கோள்கள்
Pitch blende - பிச்சுக் கட்டி
Pigment - நிறமி
Piston - ஊடியங்கி
Planetory electrons - கோள் நிலை எதிர்மின்னிகள்
Plaster cast - காரை மேடை
Plastic - பிளாஸ்டிக்
Plutonium - புளுட்டோனியம்
Poliomyletis - இளம்பிள்ளை வாதம்
Polonium - போலோனியம்
Police constable - ஊர் காவலர்
Police department - ஊர்க் காவல் துறை
Polycythemia - பாலிஸைத்தீமியா
Polyethelene - பாலிஎத்லீன்
Polymerization - பாலிமரை சேஷன்
Positron - நேர்மின்னி
Positron scaner - பாஸிடிரான் ஸ்கானர்
Potassium பொட்டாசியம்
Potassium chlorate - பொட்டாசியம் குளோரேட்
Power - மின்னுற்றல், திறன்
Power plants - மின்னுற்றல் நிலையங்கள்
Primary product - முதல் நிலை விளைபொருள்
Process of division - பிரிவுக் கிரியை
Probe - சலாகை
Protective shielding - காப்புறை
Proteins - பிசிதங்கள்
Proton - நேர் இயல் மின்னி
Psoriasis - ஸோரையாஸிஸ்
Psychomatic medicine-உள உடல் மருந்து
Punch press - துளையிடும் இயந்திரம்
Pulp - காகிதக் கூழ்

R

Radioactive - கதிரியக்கமுள்ள, கதிரியக்கம் பெற்ற
Radioactive technique - கதிரியக்க யுக்தி முறை
Radioactive treatment - கதிரியக்கச் சிகிச்சை
Radioactivity - கதிரியக்க விளைவு, கதிரியக்கக் கிரியை, கதிரியக்கக் கிளர்ச்சி
Radiation- கதிர்வீச்சு, கதிர் வீசல்
Radiation laboratory - கதிரியக்க ஆய்வகம்
Radio gold - கதிரியக்கப் பொன்
Radiologist - ரேடிய மருத்துவர்
Radon - ரேடான்
Radium - ரேடியம்
Rare - அருமையான
Rayon - ரேயான்
Reaction - எதிர்வினை

Reactor - அணு உலை
Reactor engineering- அணு உலைப் பொறியியல்
Recessive trait - பின்தாங்கி நிற்கும் பண்பு
Reclamation Bureau - நில மீட்சிக் கழகம்
Red corpuscles - சிவப்பு அணுக்கள்
Reflected radiation - மீளும் கதிர் வீச்சு
Reproductive organs-இனப் பெருக்க உறுப்புக்கள்
Research institute - ஆராய்ச்சி நிலையம்
Research men - ஆராய்ச்சி நிபுணர்கள்
Rocket motor - ராக்கெட் மோட்டார்
Roentgen - ராண்ட்ஜன் (அளவு)
Rust - துரு நோய்

S

Scintillating counter - மின் பொலி எண்-கருவி
Secrecy restrictions - இரகசியக் கட்டுப்பாடுகள்
Sensitive - கூரிய உணர்வுடைய
Sex cell - பால் உயிரணு
Shield - காப்புறை
Shipment - கப்பல் பாரம்
Short ranged - குறுகிய வீச்சுக்குட்பட்ட
Sickle cell anaemia - அரிவாள் உயிரணு குருதிச் சோகை
Silicon - மண், சிலிக்கன்
Smudge pots - கணப்புச் சட்டிகள்
Soccer ball - கால்பந்து
Sodium - சோடியம்
Soil - மண்
Soil bacteria - நிலத்திலுள்ள பாக்டீரியா
Solubility resistance - கரைதல் தடை
Sombre warning-மங்கலான எச்சரிக்கை
Species of algae - பாசி வகைகள்
Speculatived iversion-ஆழ்ந்த சிந்தனையில் விளைந்த பொழுதுபோக்குச் செயல்
Sperm - விரைப்புழு
Spleen - மண்ணீரல்
Spring - நீள் சுருள்
Spore - நுண்ணுடலி
Stable configuration - நிலையான மாற்றநிலை
Starch - மரப்பொருள், மரக்கூர்
Sterilization - நோயணுக்களை அகற்றுதல், நுண்ணுயிர் அழிப்பு
Stomach - இரைப்பை
Sterioscopic vision-கன உரு
Stretcher - டோலி
Streptomycin-ஸ்ட்ரெப்டோமைஸின்
Strontium - ஸ்ட்ரான்ஷியம்
Submarine - நீர்மூழ்கிக் கப்பல்
Subunit - கீழ்நிலை அலகு
Sugar - சருக்கரை
Suggestion - எண்ண ஏற்றம்
Sulphuric acid-கந்தக அமிலம்
Sulphuric ether - சல்பூரிக் ஈதர்
Super phosphate - சூப்பர் பாஸ்பேட்

T

Tagged atoms - தொடுப்பு அணுக்கள்
Tank - தேக்கம்
Technique – யுக்தி முறை
Telephone - தொலை பேசி
Thermometer- சூடளப்பான்
Thalium - தேலியம்
Thickness readings - கன அளவுகள்
Thorium – தோரியம்
Thyroid gland - தைராய்டு சுரப்பி, புரிசைச் சுரப்பி
Tissue – இழையம்
Tomato – சீமைத் தக்காளி
Tool - கருவி
Trace elements – இலவ லேசத் தனிமங்கள்
Trace metals – இலவலேச உலோகங்கள்
Tracer - உளவு காட்டும் வழி–துலக்கி
Tracer method-வழி துலக்கி முறை
Tracer techniques - வழி துலக்கி யுக்திகள்
Transformation– பரிமாற்றம்
Translocation – நிலை மாறிய தோற்றம்
Transpiration - நீராவிப் போக்கு
Trial–and–error method - செய்து-பிசகி-அறிமுறை
Tubular orifice - குழல் வடிவத் திறப்பு
Tunnel - குடை வழி.
Turbine – பல்சக்கர உருளை, டர்பைன்
Turbojet engine - டர்ப்போ ஜெட் இயந்திரம்

Turboprop engine - டர்ப் போபுராப் இயந்திரம்
Tyres - ரப்பர் சக்கரங்கள்

U

Under sea cables - கடற் கீழ்த் தந்திகள்
Under water channels - நீரடிப் பாதைகள்
Unit - அலகு, தனியன்
United Nations - ஐக்கிய நாடுகள்
United Nations Organisation - ஐக்கிய நாடுகளின் ஸ்தாபனம்
Universe - பிரபஞ்சம்
Uranium - யுரேனியம்
Uranium hexafluoride - யுரேனியம் ஹெக்ஸ புளோரைடு

V

Vein - வடிகுழல்
Velocity - நேர் வேகம்
Velvet - மயிர்ப்பட்டு
Vibration-அதிர்வு, அதிர்ச்சி
Vigour - வீரியம்
Vulcunization - வல்கனை சேஷன்

W

Water turbines - நீர்ப்பல் சக்கர உருளைகள்
Weed-killer - களை கொல்லி
White corpuscles - வெள்ளை யணுக்கள்
Wood - கட்டை
Work - வேலை, வினை
Wrist band - மணிக்கட்டுப் பட்டி

X

X-rays - புதிர்க் கதிர்கள்
,, hard - வன்மைப் புதிர்க் கதிர்கள்
,, soft - மென்மைப் புதிர்க் கதிர்கள்
X-ray machines - புதிர்க் கதிர்ப் பொறிகள்

Z

Zenon - ஜெஞன்
Zinc - துத்தநாகம்
Zinc bromide - துத்தநாக புரோமைடு
Zirconium - ஸர்க்கோனியம்

பின்னிணைப்பு—4

பொருட் குறிப்பு அகராதி

